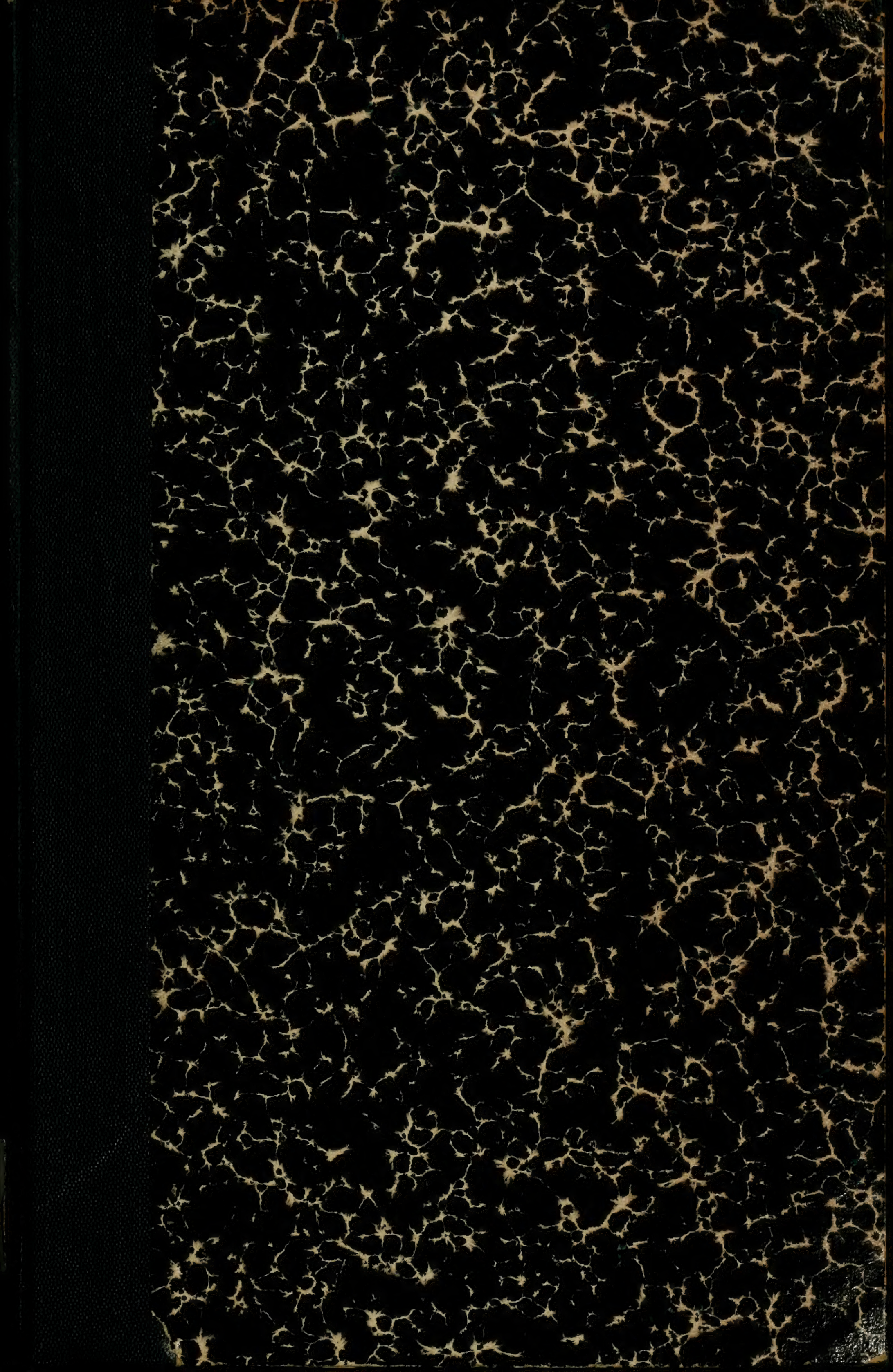
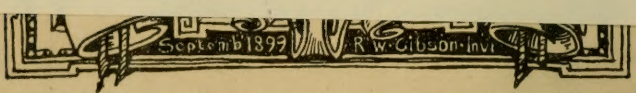



Septemb 1899
R W Gibson Inv

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

Genève. — Imprimerie Ramboz et Schuchardt.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

NOUVELLE PÉRIODE

TOME CINQUANTIÈME

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

LAUSANNE
GEORGES BRIDEL
Place de la Louve, 1

PARIS
SANDOZ et FISCHBACHER
Rue de Seine, 33

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, H. GEORG, A BALE

1874

CONSTITUTION
DANS LE RÈGNE VÉGÉTAL
DE
GROUPES PHYSIOLOGIQUES
APPLICABLES
A LA GÉOGRAPHIE BOTANIQUE ANCIENNE ET MODERNE

PAR

M. ALPHONSE DE CANDOLLE.

Jusqu'à présent on a associé les végétaux d'après leurs caractères botaniques, c'est-à-dire leurs formes et le développement de ces formes, ou d'après leur distribution géographique. Le premier mode conduit aux classes, familles, genres, espèces; le second aux flores actuelles ou antérieures.

Ni l'un ni l'autre de ces deux systèmes ne s'adapte d'une manière satisfaisante à l'étude de la géographie botanique ancienne.

Les formes ont changé d'une époque à l'autre. Certains genres ont cessé d'exister, d'autres ont paru, et dans deux époques géologiques, même successives, le nombre et l'assortiment des espèces analogues ayant changé, il ne faudrait pas les associer de la même manière pour obtenir des genres vraiment naturels. Plus on découvrira d'anciennes formes fossiles — et assurément il en a existé des millions — plus nos cadres de classification seront jugés insuffisants. Les transitions embarrasseront tous les jours davantage, sans parler de l'incon-

vénient de réunir en genres et familles des formes qui ont été des états successifs, du moins selon la théorie très-ancienne que tout être organisé est venu d'un être organisé antérieur, rapprochée du fait, aujourd'hui certain, de l'augmentation dans le nombre des formes depuis les premiers temps géologiques.

Le groupement par pays est déplorable quand on multiplie les flores ou régions. Toutes les tentatives faites dans ce sens ont montré que les terres et les climats sont juxtaposés et même enchevêtrés de telle manière qu'il existe fort peu de régions vraiment distinctes. Il faut recourir à de grandes divisions du globe pour ne pas tomber dans un dédale inextricable. Je conviens que les flores intertropicales d'Asie, Australie, Afrique et Amérique, ensuite celles des régions hors des tropiques dans l'ancien et le nouveau monde et dans chaque hémisphère, sont des associations à la fois géographiques et botaniques ayant un certain degré d'unité. Ces grands groupes ont été recommandés par M. Bentham dans un de ses excellents discours à la Société linnéenne de Londres, et il a rappelé que plusieurs zoologistes ont proposé des groupes analogues très-vastes, pour la géographie zoologique[1]. Dans toute classification les grands groupes ont l'avantage de présenter moins de transitions que les petits, la ligne qui sert de frontière étant d'une importance moindre quand la surface générale est plus étendue. Mais la réalité des groupes géographiques, d'animaux et de végétaux, repose sur deux causes qui ont amené l'état actuel des faits : la distribution antérieure des êtres et les conditions physiques actuelles. Ces causes ont varié. Tel groupe maintenant isolé était naguère en contact avec un

[1] *Address*, 1869.

autre. Tel climat existe aujourd'hui dans une région qui régnait jadis ailleurs. Les distinctions les plus acceptables pour nos flores actuelles ne conviennent plus pour d'autres temps, même quelquefois pour des temps assez rapprochés. Ainsi, la végétation des bords de la mer Méditerranée, s'étendait jusqu'à Paris au commencement de l'époque actuelle, et la flore arctico-alpine, divisée aujourd'hui entre les régions polaires et les sommités de nos montagnes d'Europe, règnait dans les plaines pendant la grande extension des glaciers, après avoir été, une fois déjà, distribuée comme elle l'est à présent. La végétation des États-Unis méridionaux s'est promenée du 35me au 60me degré de latitude, et la flore intertropicale s'est avancée au commencement de l'époque tertiaire jusqu'à Londres. Les groupes géographico-botaniques actuels ne conviennent donc pas à l'étude de l'histoire des végétaux. Ils perdent leur sens et leur valeur à mesure qu'on envisage une époque plus éloignée de la nôtre.

Les désignations tirées de la géologie ne seraient pas meilleures. Ainsi on pourrait appeler la flore méditerranéenne pliocène, parce qu'elle ressemble singulièrement à celle des couches pliocènes du midi de la France et du nord de l'Italie avant l'invasion glaciaire, mais une flore analogue a été retrouvée dans le miocène, à Dantzig et au Spitzberg, répondant à une époque où le climat de ces régions était moins froid qu'à présent. Les agglomérations de végétaux ont suivi des climats qui ont changé de place. Elles n'ont pas été propres à chaque formation contemporaine.

Je me suis demandé, par ce motif, si des groupes fondés sur les propriétés physiologiques des plantes à l'égard des conditions extérieures, n'auraient pas de l'avantage.

Et d'abord existent-ils? Sont-ils différents des groupes basés sur les formes ou sur la distribution géographique? Enfin, sont-ils, je ne dirai pas permanents, car rien ne l'est; mais sont-ils de quelque durée, au milieu des changements de formes et de circonstances environnantes? C'est ce que nous allons examiner.

§ 1. *Groupes physiologiques proposés.*

Lorsqu'on fait attention à la manière de se comporter des plantes, à l'égard de la chaleur et de l'humidité, on reconnaît aisément cinq grandes catégories qui s'accordent à peu près avec des divisions géographiques, et dont quatre se trouvent répétées dans les deux hémisphères. Il y a de plus une sixième catégorie, mais elle ne concerne qu'un petit nombre de plantes tellement exceptionnelles que j'en parlerai brièvement.

La première catégorie est celle des nombreuses espèces qui ont besoin pour vivre d'une forte chaleur et de beaucoup d'humidité. Je les appellerai *Mégathermes,* pour ne pas proposer le mot *Hydromégatherme,* qui est trop long, mais aurait été meilleur. Ce sont les plantes qui existent aujourd'hui entre les tropiques, dans les plaines, et quelquefois jusque vers le 30me degré de latitude, dans des vallées chaudes et humides. La température moyenne de ces régions ne descend pas au-dessous de 20° C. et les pluies n'y font jamais défaut. Les prédécesseurs de ces végétaux mégathermes, sous des formes ou identiques ou analogues, ont été bien plus répandus. A une époque très-ancienne ils ont dû exister dans toutes les parties de la terre, mais depuis le commencement de l'époque tertiaire ils se sont concentrés dans une zone qui s'est de plus en plus rapprochée de l'équatoriale. Au point de vue

des caractères botaniques, ces plantes sont extrêmement variées. Leurs espèces diffèrent presque toujours de l'Asie à l'Afrique et l'Amérique et leur nombre est très-considérable dans chacune de ces divisions actuelles des pays intertropicaux. Au point de vue des organes de la végétation, qui constituent seulement une partie des caractères botaniques, il y a plus d'uniformité. Nos mégathermes, en effet, sont souvent des plantes ligneuses ou des lianes, à feuilles persistantes et étalées. Elles présentent peu de plantes herbacées, surtout peu d'annuelles, et dans les forêts, qui sont composées d'espèces diverses, généralement mêlées, on remarque une grande quantité d'épiphytes. Les familles les plus caractéristiques sont les Anonacées, Ménispermacées, Byttneriacées, Ternstrœmiacées, Guttifères, Sapindacées, Diptérocarpées, Sapotacées, Apocinées, Aristolochiacées, Bégoniacées, Pipéracées, Myrsinéacées, etc., mais les familles qui s'y trouvent représentées par un très-grand nombre d'espèces, comme les Légumineuses, Rubiacées, Euphorbiacées, Orchidées, etc., existent aussi dans d'autres catégories de végétaux, les formes étant assez peu concordantes avec les qualités physiologiques, ainsi que nous le verrons en développant le sujet.

Une seconde catégorie de plantes exige beaucoup de chaleur, comme les mégathermes, mais en même temps de la sécheresse. Je les appellerai *Xérophiles* (aimant la sécheresse). Elles existent, à notre époque, dans les régions chaudes et sèches situées entre les 20 ou 25me et 30 ou 35me degrés de latitude suivant les pays, d'un côté et d'autre de l'équateur, c'est-à-dire dans la zone desséchée qui s'étend de Californie et du Texas au plateau mexicain, du Sénégal à l'Arabie et l'Indus, dans presque

toute l'Australie, au Cap et dans les parties sèches de la Plata, du Chili, du Pérou et de la chaîne des Andes. Les xérophiles se trouvent aussi dans les localités sèches du Brésil, de la région méditerranéenne, de l'Inde, de la Chine, etc. Elles sont plus dispersées maintenant que les mégathermes. Elles renferment une masse considérable de Composées, et des proportions notables de Labiées, Borraginées, Liliacées, Palmiers, Myrtacées, Asclépiadées, Euphorbiacées, etc. Leurs familles les plus caractéristiques sont les Zygophyllées, Cactacées, Ficoïdes, Cycadées, et Protéacées. Sous le rapport des organes de la végétation, il faut noter peu de grands arbres, peu de plantes annuelles, mais beaucoup d'espèces vivaces ou arbrisseaux à souches épaisses, à racines ou bulbeuses ou pivotantes ou profondes, qui permettent de résister à la sécheresse. Les plantes grasses abondent (Cactacées en Amérique, Euphorbiacées en Afrique, Ficoïdes au Cap). Il y a beaucoup d'arbustes épineux, roides ou trapus. Les feuilles sont souvent étroites, fermes, grisâtres ; elles sont persistantes, ou elles tombent, presque toujours dans la saison la plus sèche. L'aspect de la végétation est maigre.

Les causes qui déterminent une grande sécheresse en dehors de la zone des pluies intertropicales ne sont pas particulières à notre époque, mais la distribution des mers et l'élévation de certaines contrées ayant varié, la sécheresse a probablement varié aussi, et les xérophiles ont pu changer alors d'habitations. La chaîne des Andes, qui est maintenant un de leurs centres, n'est pas, géologiquement parlant, très-ancienne; les plateaux du Mexique, de la Perse n'ont peut-être pas été toujours aussi secs ; le désert du Sahara était, il n'y a pas longtemps, une mer dont les rives devaient être assez humides. Malheureusement, la pa-

léontologie des contrées où sont nos xérophiles actuelles est fort peu connue, et si ces plantes ont changé d'habitation nous n'avons pas encore les documents qui permettraient de le constater. A défaut de plantes fossiles du Sénégal ou d'Arabie, nous pouvons remarquer l'extension moderne des xérophiles dans la région de la mer Méditerranée. Les espèces de cette région qui deviennent rares ou qui s'éteignent, sont de la nature de celles qui craignent la sécheresse, et leurs remplaçants s'accommodent au contraire d'un climat sec[1].

Une troisième grande catégorie de plantes exige une chaleur modérée, c'est-à-dire de 15 à 20° C. de moyenne annuelle, avec une dose modérée aussi d'humidité. Je les nommerai *Mésothermes*. Elles constituent aujourd'hui la masse des espèces autour de la mer Méditerranée, dans les parties septentrionales et peu élevées de l'Inde, de la Chine et du Japon, de la Californie, des États-Unis méridionaux, des îles Açores et Madère, en excluant toujours les montagnes de ces divers pays; enfin des plaines ou vallées basses de l'hémisphère austral, au Chili, à Montevideo, en Tasmanie, à la Nouvelle-Zélande. On les retrouve sur la pente des môntagnes, entre les tropiques, mais à une faible élévation.

Les mésothermes sont remarquables par l'abondance des espèces ligneuses à feuillage persistant, des espèces annuelles ou bisannuelles, et par une diversité de familles, genres et espèces presque aussi grande que celle des mégathermes. Les familles caractéristiques sont surtout

[1] Voir *Caruel*, Di alcuni cambiamenti nella flora toscana in questi ultimi tre secoli, in-8°; Milano, 1867; et *de Saporta*, La flore des tufs quaternaires en Provence, in-8°; Aix, 1867., et Études sur la végétation du sud-est, avec les suppléments

les Laurinées, Juglandées, Ébénacées, Myricées, Magnoliacées, Acérinées, Hippocastanées, Campanulacées, Cistinées, Philadelphées, Hypericinées, etc., avec un grand nombre de Légumineuses, Composées, Cupulifères, Labiées, Crucifères, et autres familles qui ont des habitudes physiologiques variées.

La nombreuse catégorie des mésothermes a existé, sous des formes analogues, dans les premiers temps de l'époque tertiaire, jusqu'au Spitzberg, d'après les fossiles étudiés par M. Heer. On l'a retrouvée aussi dans quelques gisements fossiles de l'Amérique septentrionale, et il est à peu près démontré que les flores actuelles des États-Unis méridionaux et du Japon se sont rapprochées une fois dans le nord, sous l'empire de climats tempérés, selon l'hypothèse émise, en 1859, par M. Asa Gray[1].

Les mésothermes étaient mêlées avec des mégathermes dans l'Europe méridionale lors des dépôts miocènes et pliocènes, comme elles le sont à présent avec les xérophiles dans la région méditerranéenne, au Chili et ailleurs. Elles ont changé de répartition géographique plus que les mégathermes.

On pourrait subdiviser les mésothermes en raison de ce que les unes redoutent le froid, d'autres la sécheresse et d'autres encore le défaut de chaleur en été ; mais ces détails, très-importants pour la limite de chaque espèce, risqueraient de nous faire perdre de vue l'ensemble.

Notons en passant que l'analogie actuelle des flores du Japon, du midi des États-Unis, de Madère et de la région méditerranéenne a frappé tous les botanistes, que cette ressemblance ait été plus grande encore avant notre époque, et qu'il serait cependant difficile de parler de ce

[1] On the botany of Japan : in-4°.

groupe si naturel de végétaux en l'appelant *japonico-virginico-maderensi-méditerranéen.* Un terme général, indépendant des pays et des migrations antérieures, comme celui de *mésotherme,* est évidemment plus commode.

La quatrième catégorie est celle des plantes de climats tempérés ayant des moyennes annuelles de 14 à 0° C. Je les désignerai sous le nom de *Microthermes.* Leur caractère principal est, en effet, de demander peu de chaleur en été et de redouter médiocrement les froids de l'hiver. Ce sont les espèces de nos plaines d'Europe depuis les Cévennes et les Alpes jusqu'au Cap nord, celles d'Asie entre le Caucase ou l'Himalaya et le 65me degré environ, de l'Amérique septentrionale entre les 38 ou 40° et les 60 à 65° et dans l'autre hémisphère, les plantes du Chili méridional jusqu'au cap Horn, des îles Malouines, Kerguelen, Campbell, ainsi que des montagnes de la Nouvelle-Zélande, à une certaine élévation. Dans cet hémisphère la distinction d'avec les mésothermes est peu conforme aux divisions géographiques, grâce à l'uniformité des saisons. C'est, du reste, ce qui se voit aussi, par la même cause, en Irlande, dans le sud-ouest de la France et en Californie.

Il est inutile de rappeler les familles les plus abondantes de nos flores tempérées. Elles ne sont pas caractéristiques, dans ce sens qu'elles existent aussi ailleurs. Les genres eux-mêmes sont peu caractéristiques. Ainsi, nos forêts sont composées de pins, sapins, chênes, érables, etc., mais des espèces analogues de ces genres se trouvent aussi au Japon, en Californie, en Virginie, dans la région méditerranéenne et appartiennent aux mésothermes. Il y a même des chênes mégathermes à Java et aux Philippines. C'est plutôt l'absence de formes ordinairement mésothermes et surtout mégathermes ou xérophiles, qui distingue nos flores.

Quant à l'apparence fondée sur les organes de la végétation, les microthermes se composent surtout de plantes herbacées vivaces et de plantes ligneuses à feuilles caduques, ou de Conifères. Leurs forêts sont ordinairement constituées par une seule espèce principale, soit essence.

La place actuelle des microthermes a été occupée jadis, dans notre hémisphère, par des mésothermes et même des mégathermes. Ensuite, quand elles étaient déjà distribuées comme à présent, avec les mêmes formes spécifiques, elles ont été chassées par l'invasion glaciaire. Enfin, elles sont revenues dans la zone où nous les voyons. Ces migrations justifient l'emploi d'un mot tel que microthermes, au lieu de l'expression de flore europé-américaine, qui, d'ailleurs, ne s'appliquerait pas à d'autres contrées d'une végétation analogue.

Le cinquième groupe physiologique est celui des plantes aujourd'hui arctiques ou antarctiques, qui sont distribuées aussi sur les hauteurs des montagnes des régions tempérées. Ce sont les plantes qui se contentent de la plus petite chaleur. Je propose, à cause de cela, de les désigner sous le nom de *Hékistothermes,* de ἥκιστος, très-petit, et θέρμος, chaleur.

La propriété d'accomplir leurs fonctions sous une température basse n'est pas la seule qui les distingue. Elles ont aussi l'avantage de supporter une longue absence de lumière pendant la saison froide, ce qui arrive sur les montagnes et au nord par l'accumulation des neiges, et en outre, dans cette dernière région, par le fait d'une nuit de plusieurs mois.

Les hékistothermes sont peu nombreuses. A notre époque il n'y en a guère plus de 3 ou 4000 espèces. Aucune famille ne leur est propre, mais les Mousses,

Lichens, Graminées, Joncées, Cypéracées, Crucifères, Scrophulariacées, Composées, Caryophyllées, Rosacées, Saxifragées y sont dans de fortes proportions relativement à l'ensemble du groupe. Quelques Conifères peuvent être considérées comme hékistothermes. Cependant les espèces ligneuses, qui méritent vraiment ce nom, sont des arbustes ou petits arbrisseaux rampants, tels que certains Betula, Salix, Empetrum, Vaccinium et dans l'hémisphère austral, quelques Acæna, Coprosma, etc., qui leur ressemblent.

Les cinq groupes physiologiques dont je viens de parler, se présentent géographiquement, à notre époque, de la manière suivante en marchant d'un pôle à l'autre, abstraction faite des montagnes et des localités exceptionnelles, et en distinguant les deux hémisphères :

Hékistothermes boréales.
Microthermes id.
Mésothermes id.
Xérophiles id.
Mégathermes, en deçà et au delà de l'Équateur.
Xérophiles australes.
Mésothermes id.
Microthermes id.
Hékistothermes id.

Un dernier groupe n'est en aucune façon géographique et comprend, à notre époque, des plantes bien exceptionnelles. Je veux parler d'espèces qui exigent une très-forte chaleur, par exemple, de plus de 30° C. de moyenne annuelle. On pourrait les appeler *Mégistothermes*. Dans les premières époques géologiques elles ont dû exister, vu la grande chaleur. Elles avaient probablement des

formes simples et des habitations très-vastes. Les Algues, Fougères, Lycopodiacées, Equisétacées de l'époque carbonifère en étaient la continuation, et il est possible que certaines espèces des îles les plus anciennes et les plus chaudes de notre époque en descendent sans altération. Aujourd'hui les Algues des sources thermales sont mégistothermes, mais elles ne doivent pas venir des mégistothermes primitives, puisque les régions où jaillissent les sources ont été, à une période quelconque au-dessous de la mer. Il faut que ces espèces soient venues de plantes analogues adjacentes, de même que les animaux aveugles des cavernes paraissent venir d'espèces analogues de leurs pays respectifs.

On dira peut-être qu'il est difficile de classer une espèce dans tel ou tel de mes groupes. Je répondrai qu'on le peut toujours si l'on veut se donner la peine d'examiner ses conditions de vie, au moyen de la culture et en étudiant les circonstances du climat de leur pays natal. Les plantes fossiles, j'en conviens, ne peuvent être classées que par analogie, mais, pour leurs affinités botaniques également on est obligé de s'appuyer sur des données de cette nature, assez imparfaites à cause de l'absence fréquente de fleurs et de fruits.

On m'objectera aussi les transitions d'un groupe à l'autre et l'arbitraire des limites. Je conviens que la classification fondée sur des caractères botaniques est plus précise, mais celle par régions ne l'est pas autant. Je rappellerai, celle des terrains géologiques, où les limites manquent si souvent, et qui sont cependant usitées dans la science, en dépit des contestations qu'elles soulèvent.

Le défaut d'accord entre les groupes physiologiques et les groupes soit botaniques, soit géographiques est bien digne de remarque.

Toutes les familles un peu nombreuses de plantes ont des représentants parmi plusieurs de mes groupes physiologiques et quelquefois dans tous. Les plus naturelles n'échappent pas à cette loi. Ainsi les Crucifères et les Ombellifères abondent dans les régions tempérées, mais elles existent aussi dans les plus froides et les plus chaudes. Il suffirait d'une dizaine de ces plantes parmi nos mégathermes ou nos hékistothermes pour démontrer que rien dans leur structure, ni même dans le contenu de leurs cellules, ne s'oppose à ce qu'elles vivent sous des conditions de température très-différentes. Les Papavéracées, qui ont des sucs propres assez particuliers et dont l'organisation est très-uniforme, comptent l'*Argemone mexicana* dans les pays les plus chauds et plusieurs espèces dans les pays les plus froids. Les Mélastomacées semblent appartenir bien exclusivement aux pays chauds, mais quelques-unes se trouvent sur les Andes, et le *Rhexia virginica* est d'un climat de mésothermes. Les Ménispermacées, qui abondent dans les pays équatoriaux, ne manquent pas dans les tempérés et existent même au Canada et en Daourie (*Menispermum Canadense, M. Dahuricum*). Inversément, des familles organisées d'une manière presque semblable existent sous des climats très-différents. Ainsi, les Primulacées vivent presque toutes dans des régions tempérées ou froides, et les Myrsinéacées, qui ne sont pour ainsi dire que des Primulacées ligneuses, s'éloignent à peine des tropiques. Une différence analogue s'observe entre les Ombellifères et les Araliacées.

Bien que les genres soient moins variés de formes que les familles et plus circonscrits d'habitation, ils n'échappent pas à ces bizarreries. Ainsi, les *Cassia* sont ordinai-

rement de pays chauds et, en général, se classent dans les mégathermes ou au plus dans les mésothermes, mais le *Cassia Marylandica* supporte les hivers de Genève, où le minimum descend quelquefois jusqu'à — 25° C. Nous avons aussi en pleine terre les *Indigofera Dosua, Plumbago Larpentæ, Dipteracanthus strepens, Buddleia Lindleyana* et autres, dont les congénères craignent beaucoup le froid. Les saules, d'après leur distribution géographique, paraissent exiger du froid ou craindre la chaleur. Cependant le *Salix Humboldtiana* est au bord des Amazones et le *S. Safsaf* en Égypte.

Des espèces fort analogues d'un même genre se comportent quelquefois différemment à l'égard des influences extérieures. Le *Cerasus lusitanica* ne souffre jamais de nos hivers rigoureux de Genève; le *Cerasus Laurocerasus*, cultivé à côté de lui, gèle de temps en temps jusqu'au pied. J'ai basardé souvent des *Pinus Canariensis* et ils ont péri dès le premier hiver, tandis que les *Pinus Coulteri* et *Laricio* sont rustiques. Beaucoup d'espèces voisines du *Pinus Strobus* ne supportent pas le froid comme lui. Un amateur d'horticulture m'a indiqué les *Penstemon cordifolius* et *P. gentianoides*, dont le premier supporte et le second ne supporte pas les hivers de Genève. On a remarqué dans tous les pays des cas de cette nature.

L'apparence extérieure des organes de végétation ne concorde pas mieux avec les qualités physiologiques. Rien ne semble devoir être plus à l'abri des effets du froid que les feuilles sèches et fibreuses du *Phormium tenax* ou des *Gynerium*, les feuilles rugueuses des *Lantana*, les feuilles façon de parchemin de plusieurs Myrtacées de la Nouvelle-Hollande, ou encore les feuilles presque ligneuses des Cycadées, et cependant toutes ces plantes ne

supportent pas les hivers de notre Europe tempérée. Les Fougères que nous sommes obligés de cultiver en serre chaude n'ont pas une autre apparence de forme et de tissu que celles de serre froide ou de pleine terre. Mêmes diversités à l'égard de la sécheresse. Le *Chamerops humilis* vit dans les stations les plus arides de la région méditerranéenne, et les *Palmetto* des États-Unis, qui lui ressemblent singulièrement, croissent dans des sables fréquemment inondés. Les plantes à feuilles larges et molles craignent ordinairement la sécheresse, mais le *Sparmannia africana* n'en souffre nullement[1].

La fréquence du désaccord entre les formes et les qualités physiologiques relatives aux conditions extérieures, me fait croire qu'il n'y a pas une relation directe, de cause à effet, entre ces deux ordres de phénomènes. Il y aurait plutôt une dépendance commune de quelque cause plus générale influant sur les deux, et cette cause me paraît être l'hérédité. Une espèce a une certaine forme, parce que ses prédécesseurs avaient une forme ou semblable ou analogue. De même cette espèce aurait certaines qualités physiologiques à l'égard du climat parce que les conditions extérieures qui lui ont été imposées pendant un nombre incalculable de siècles, par le fait de son habitation géographique, ont empêché d'autres qua-

[1] Je tiens le fait de M. Thuret, dont le magnifique jardin, à Antibes, est l'expéri nce la plus curieuse qu'on puisse voir au point de vue physiologique. Le propriétaire n'a *aucun moyen* d'arroser les plantes de pleine terre, et cependant, sous le climat très-sec d'Antibes, il cultive plus de deux milles espèces, dont il m'a donné une liste abrégée, avec l'indication de celles qui fructifient. Ce sont, en général, des plantes du Cap, de la Nouvelle-Hollande, des Canaries, mais aussi quelquefois de régions moins sèches, comme le Japon et la Nouvelle-Zélande.

lités de se développer et ont assuré l'hérédité de celles qui lui permettaient de vivre. Ainsi, le *Piper longum*, je suppose, est ce qu'il est quant à ses racines, feuilles, fleurs, fruits, fibres et sucs internes, parce qu'il descend de plantes très-semblables ou à peu près semblables, et il craint le froid, probablement parce que ses ascendants ont tous vécu dans des pays très-chauds et n'ont jamais été décimés et triés par le froid. Les Protéacées ont les organes qui les distinguent parce qu'elles viennent de Protéacées ou peut-être, plus anciennement, de plantes analogues, et elles s'arrangent de vivre dans des pays secs parce que leurs prédécesseurs y vivaient.

Je m'explique de cette manière comment il se fait que les flores soumises à des conditions très-particulières de climat, ne présentent, dans la totalité de leurs espèces, aucun caractère distinctif particulier. Les plantes arctico-alpines, par exemple, sont de différentes familles, et il est impossible de trouver chez elles un organe ou un développement d'organe qui leur soit propre et qu'on ne rencontre pas dans des plantes de la zone équatoriale. Celles-ci également n'ont aucun organe et aucune évolution qui les distingue. En revanche, les ascendants des plantes arctico-alpines ont vécu ensemble, soumis à des conditions communes et ceux qui s'en éloignaient trop ont péri sans laisser de suite. Les plantes de l'Afrique ou de l'Amérique équatoriale, également.

Les qualités physiologiques changent à la longue, lorsque les conditions extérieures ont changé et que l'espèce n'en a pas été frappée au point de périr. On est obligé de l'admettre d'après la succession des flores, mais la culture des plantes nous prouve aussi que les modifications physiologiques à l'égard des climats, sont plus rares, plus

difficiles à obtenir que celles des formes. Examinez le catalogue d'un grand établissement d'horticulture, vous y verrez quelques variétés précoces ou tardives qu'on peut attribuer à une manière différente de ressentir la chaleur [1], plus rarement des variétés qualifiées de rustiques, c'est-à-dire supportant bien le froid, et un nombre dix fois ou vingt fois plus considérable de variétés de formes ou de couleurs. Pour peu qu'une espèce ait subi les influences de la culture, ses organes floraux doublent ou changent de forme; ses feuilles changent aussi. Au contraire, la faculté de résister aux gelées ou de s'accommoder d'une petite chaleur varie extrêmement peu. Ce n'est pas que les agriculteurs et horticulteurs ne fassent d'immenses efforts pour l'obtenir. Quelquefois leurs tentatives ont duré des siècles. Par exemple, des semis de dattier ont été faits depuis deux ou trois mille ans en Grèce et en Italie, sans qu'on ait obtenu des pieds dont les fruits mûrissent dans ces pays. Quand les espèces sont arrêtées du côté du nord par le froid, ou par le défaut de chaleur en été, la limite dure si longtemps que l'homme ne l'a pas vu changer, et quand elle était différente, à l'époque géologique immédiatement antérieure, on a de bonnes raisons de croire que les climats étaient différents. Il faut considérer des temps plus longs que notre époque historique pour voir une modification dans les qualités physiologiques. De même pour les formes dans les espèces spontanées; mais la culture, je le répète, nous éclaire sur la persistance relative des formes et des qua-

[1] La précocité tient quelquefois à des circonstances internes du végétal, comme de développer moins d'entrenœuds, et par conséquent d'arriver plus vite à fleurir, ou d'avoir des graines plus petites (Maïs quarantin), qui se forment plus rapidement.

lités physiologiques à l'égard des climats. *Celles-ci sont plus persistantes; elles varient dans une étendue moindre.* Je tire de là un argument en faveur de ma constitution de groupes physiologiques.

Voyons si ces groupes s'accordent avec les associations de géographie botanique.

La pratique des horticulteurs montre qu'il y a effectivement une cértaine concordance. Lorsqu'une espèce nouvelle leur parvient, ils la traitent beaucoup suivant son pays d'origine. Ils font à cela plus d'attention qu'aux caractères botaniques ou à l'apparence des organes de végétation. S'ils savaient toujours à quelle altitude croît la plante dans son pays natal, et si elle vient d'un district au nord ou au midi, leurs essais seraient encore mieux dirigés. Les horticulteurs ont parfaitement raison, puisque l'existence prolongée dans un pays a été, pour l'espèce, comme une série d'expériences à l'égard des conditions de climat. Une plante de la Chine septentrionale doit supporter les hivers de Paris, puisque ceux de Pékin sont plus rigoureux. Au contraire, une espèce renfermée depuis des milliers d'années dans une île comme Sainte-Hélène, où elle n'a jamais éprouvé une température un peu basse, ne doit pas supporter celle du midi de l'Europe, car les individus qui auraient été plus robustes que d'autres dans le cours des siècles à Sainte-Hélène, ont dû cependant périr si le thermomètre y est descendu seulement à + 18° C. et n'ont pas laissé de descendants propres à affronter en Europe + 10° et surtout 0°.

L'hérédité, ses anomalies et la sélection doivent donc produire un certain accord entre les qualités physiologiques et les climats, c'est-à-dire entre les groupes physiologiques et les groupes de géographie botanique. Si,

dans les cas particuliers, nous ne saisissons pas toujours cet accord, il faut l'attribuer aux mauvaises classifications géographiques de plusieurs ouvrages, par exemple, à la confusion dans une même flore de localités de hauteurs diverses ou, ce qui est pire, à l'emploi de délimitations politiques au lieu de limites physiques. D'ailleurs, dans la région la plus naturelle et la mieux définie qu'on puisse imaginer, il y a des diversités locales très-grandes de hauteur, d'exposition et d'humidité. Par exemple, dans la région méditerranéenne, les accidents locaux permettent ici des plantes appartenant à nos mésothermes, et à côté d'elles des xérophiles, quelquefois des microthermes. Les îles paraissent des régions physico-botaniques bien naturelles, cependant à voir de près, il y en a peu qui ne renferment plusieurs zones d'altitude et par conséquent plusieurs régions.

L'impossibilité de constituer des groupes géographiques parfaitement vrais et purs, avec la circonstance que les climats ont changé pour chaque région d'une époque à l'autre, plaide en faveur de mes groupes physiologiques. Leur définition est claire, quand on s'en tient aux grandes conditions de chaleur et humidité. Leur durée est plus grande que celle des climats de chaque région; elle est plus grande que celle des formes, quoique sans doute les conditions extérieures, en favorisant certaines modifications et devenant nuisibles à d'autres, finissent par plier et les formes et les qualités physiologiques. Je voudrais montrer maintenant que ces groupes rendent les faits de géographie botanique, ancienne et moderne, plus précis et plus aisés à discuter au point de vue des lois générales.

§ 2. *Distribution des groupes végétaux physiologiques dans l'hémisphère boréal, spécialement depuis le commencement de l'époque tertiaire.*

Dans le but de combiner mes groupes physiologiques avec les documents acquis en paléontologie végétale, j'ai cru convenable de concentrer mon attention sur l'hémisphère boréal et principalement sur l'Europe, depuis le commencement de l'époque tertiaire. Ce n'est pas que les faits paraissent avoir été d'une nature bien différente hors d'Europe, du moins dans notre hémisphère, mais la concordance des événements géologiques du nord de l'Amérique et de l'Asie orientale avec les nôtres est difficile à établir et les documents sur les flores anciennes y sont assez rares. En Europe, des bords de la Méditerranée jusqu'au Spitzberg, on a fait des travaux admirables qui ont établi la nature et l'époque de plusieurs flores fossiles. Je n'ai eu qu'à consulter les publications de MM. Gœppert, Heer, Unger, Garovaglio, Ch.-T. Gaudin, de Saporta et autres savants mentionnés plus loin, pour reconnaître dans ces flores anciennes mes divisions physiologiques et aussi pour les classer approximativement sous le rapport de leur âge. Le tableau suivant est le résumé des immenses recherches de divers auteurs, interprétées dans certains cas selon les idées des géologues modernes les plus prudents, et présentées sous les points de vue qui intéressent le plus les botanistes.

Dans ce tableau les lignes horizontales indiquent les degrés de latitude et les colonnes verticales les époques géologiques successives, depuis le commencement du tertiaire. Dans chaque colonne et selon les degrés de latitude, se trouvent rapportés les gisements de fossiles vé-

gétaux les mieux étudiés quant à leur stratification et leur composition botanique.

J'ai suivi, jusqu'au nouveau pliocène inclusivement, les divisions admises par sir Charles Lyell[1] et ensuite celle de Heer[2] adoptée par Schimper[3]. Il m'a paru, en effet plus naturel de commencer l'époque quaternaire au moment où, dans l'Europe centrale, les espèces qui constituaient les forêts étaient déjà identiques avec celles d'aujourd'hui, où, par exemple, la forêt fossile de Cromer en Norfolk, et celle d'Utznach, en Suisse, étaient composées de Pinus Abies, P. sylvestris, P. Larix, P. montana, Corylus Avellana, etc., tandis que les marécages contenaient nos deux Nénuphars, le Menyanthes et autres plantes actuellement vivantes. Le nouveau pliocène de Lyell se trouve donc annexé à son postpliocène et rentre dans le quaternaire de la plupart des auteurs. J'ai distingué dans cette période l'époque glaciaire et l'époque récente, qu'on pourrait appeler postglaciaire, mais dans l'époque glaciaire, l'invasion des glaces, ou sur terre ferme ou par transports maritimes, ne s'est jamais étendue sur toute l'Europe méridionale et elle a présenté des variations ou intermittences. Ainsi les forêts de Cromer et d'Utznach, ont été précédées et suivies de phénomènes glaciaires, pendant que ceux-ci régnaient sans interruption plus au nord ou bien n'ont paru qu'une fois plus au midi.

Il ne faut pas se dissimuler au surplus que les divisions géologiques passent les unes dans les autres d'une

[1] The student's elements of geology, 1 vol. in-8°. London, 1871, p. 109.

[2] Le monde primitif de la Suisse, traduct. franç., p. 635.

[3] Paléontologie végétale, I, p. 120.

manière insensible et que, tout en offrant des généralisations satisfaisantes pour les faits observés entre les 45me et 60me degrés de latitude en Europe, elles deviennent obscures, incertaines ou fausses quand on veut les appliquer à des régions plus ou moins éloignées. On peut, sous ce rapport, les comparer aux divisions admises dans les sciences historiques. Assurément la distinction d'histoire ancienne, du moyen âge et moderne, est excellente pour la plus grande partie de l'Europe, malgré la difficulté de fixer des limites précises à telle ou telle autre de ces époques, mais elle ne vaut rien à quelque distance. Déjà en Russie, l'histoire moderne commence au dix-huitième siècle; au Japon, elle est à peine commencée. La Chine en est à la décadence de l'empire romain. L'Amérique a eu, soit au nord, soit au midi, des phases entièrement différentes des nôtres. C'est ainsi que les événements géologiques du Cap ou d'Australie ont dû se passer autrement qu'en Europe, à chaque époque.

La qualité dominante, mégatherme, mésotherme, etc., de chaque flore fossile n'a pas été difficile à reconnaître au moyen de la comparaison avec les espèces actuelles analogues ou presque identiques (homologues de Heer) et de la prédominance de certaines familles ou de l'abondance de quelques genres. On est forcé d'accepter ici, faute d'observations directes, l'hypothèse que des formes semblables, ou à peu près, supposent des antécédents semblables et par conséquent des propriétés physiologiques héréditaires semblables, au moins dans la majorité des cas. L'incertitude n'est pas illimitée. On peut hésiter à croire un *Ficus* fossile mégatherme ou mésotherme, parce qu'il en existe aujourd'hui de ces deux catégories, mais rien ne peut faire soupçonner qu'il ait été microtherme et

surtout hékistotherme, puisque maintenant aucun *Ficus* ne résiste à quelques degrés de froid. Un *Betula* fossile peut avoir été microtherme ou hékistotherme, d'après la distribution des espèces vivantes, mais non mégatherme. Pour faciliter le classement, j'ai examiné les genres des flores fossiles tertiaires et la nature physiologique des espèces actuelles de ces genres, lorsqu'il en existe [1]. Les auteurs ont fait souvent un travail plus utile encore : celui de comparer les espèces analogues anciennes et actuelles. J'en ai profité. En général, leurs résumés exprimés par les termes de flore tropicale [2] ou de flore éocène, miocène, etc., ainsi que leurs comparaisons avec les flores actuelles de divers pays, indiquent très-bien la nature physiologique probable des végétaux qu'ils ont

[1] M. Heer indique à la fin de ses Recherches sur le climat et la végétation du pays tertiaire (traduction de la Flore tertiaire helv.), 162 genres de Fougères ou Phanérogames, qui ont encore des espèces vivantes aujourd'hui. J'ai examiné leur classement dans mes groupes, sans tenir compte cependant de celui des xérophiles qui est souvent douteux. Il s'est trouvé :

8 genres actuellement mégathermes, 9 mésothermes, 1 microtherme et aucun spécialement hékistotherme.

42 autres genres à la fois mégathermes et mésothermes, 31 mésothermes et microthermes, aucun mégatherme et microtherme, ou à plus forte raison mégatherme et hékistotherme.

56 genres existent dans trois groupes, toujours contigus, et 15 sont dans les quatre groupes fondés sur la température.

Cette distribution confirme l'idée que chaque genre a eu un centre d'origine, avec des antécédents semblables à l'égard des climats, pendant de nombreuses générations, surtout probablement en ce qui concerne les espèces analogues. Beaucoup d'autres réflexions se présentent à l'esprit, sur lesquelles je reviendrai, j'espère, une fois.

[2] L'expression de flore tropicale varie de sens suivant les auteurs, et il faut y faire attention. Le voisinage des tropiques est quelque chose de vague, s'appliquant à des climats tantôt secs et tantôt humides. L'expression de *intertropicale* est la seule claire.

étudiés. L'examen des listes d'espèces m'a fait reconnaître la perspicacité et l'érudition de presque tous les paléontologistes qui se sont occupés du règne végétal.

Ma grande difficulté a été de classer les flores fossiles suivant les époques.

J'ai lutté autant que j'ai pu contre le cercle vicieux, si commun autrefois en géologie, qui consiste à dire : Le terrain A est de l'époque N, parce qu'il contient tels et tels êtres organisés ; et ensuite : Ces êtres organisés ont vécu à l'époque N, parce qu'ils se trouvent dans le terrain A. En bonne logique on ne peut pas déterminer la date d'un fait en le rapportant à un autre fait dont la date est inconnue. Il faut au moins que l'une des dates soit extrêmement probable.

J'admire assurément la sagacité avec laquelle les géologues s'appuient tantôt sur la stratification et tantôt sur les fossiles pour indiquer une date de formation, mais il faut convenir que c'est un travail délicat, difficile où la prudence d'un Lyell, d'un Adolphe Brongniart, est tout à fait nécessaire. Je me suis abstenu de classer dans mon tableau les fossiles dont la stratification ne m'a pas paru suffisamment établie, me rappelant le principe de Pictet[1] que la stratification est le moyen le plus sûr de déterminer l'âge des terrains. Toutes les fois que, sous les mêmes latitudes, j'ai pu comparer deux flores fossiles analogues, je me suis attaché à celle dont la position stratigraphique est la mieux connue et l'ai citée de préférence dans le tableau.

La diversité des climats existait déjà pendant l'époque tertiaire. Le décroissement de la température suivant les latitudes a probablement varié et ne peut pas être donné

[1] Pictet, Traité de paléontologie, édit. 2me, vol. I, p. 99.

avec précision, mais il y avait un décroissement, puisque les climats tiennent surtout à des causes astronomiques, et qu'en outre on a constaté dans les flores fossiles de même formation et de deux pays voisins, l'un situé au nord de l'autre, des différences de composition analogues à celles qui résultent aujourd'hui des climats. M. Heer paraît avoir été le premier à insister sur la diversité des climats tertiaires, car je n'en aperçois aucune mention dans le traité de paléontologie de Pictet, antérieur à la *Flora tertiaria Helvetiæ*. Comme corollaire de cette idée importante, il convient de poser le principe suivant, applicable au moins depuis l'époque éocène : *Lorsque deux flores ou faunes fossiles sont très-semblables, mais situées sous des degrés de latitude éloignés (comme l'Europe moyenne et le Spitzberg, par exemple), ces flores ou faunes ne peuvent pas avoir vécu simultanément*[1]. Celle du nord doit être la plus ancienne, puisque la température a diminué au travers des âges, en particulier pendant l'époque tertiaire.

Sous des latitudes à peu près semblables, deux flores fossiles identiques doivent être contemporaines, pourvu encore qu'elles aient vécu à une élévation semblable et qu'elles ne soient pas extrêmement éloignées. A l'époque tertiaire il y avait probablement, comme à présent, des flores différentes en Europe et en Chine, en Californie et en Pensylvanie, au Chili et à Buénos-Ayres, etc., quoique ces pays soient situés sous les mêmes latitudes. Ainsi *des flores différentes ont été quelquefois contemporaines*, de même que des flores semblables ont vécu quelquefois dans des temps différents.

[1] Ceci modifie les lois 2me et 3me posées par Pictet, I, p. 100.

Distribution des groupes physiologiques depuis l'époque tertiaire,

d'après les dépôts fossiles les mieux connus et à l'époque actuelle.

Lat. N.	ÉPOQUE TERTIAIRE.						QUATERNAIRE.		Lat. N.
	Éocène.			Miocène.		Pliocène	Glaciaire.	Récente.	
	Infér.	Moyen	Supér.	Infér.	Supér.				
90°								E	90°
85								E	85
80				? C^{13}+D^4			? E^4	E	80
75								E	75
70				C^{14}+D^5				D	70
65								D	65
60							E^1	D	60
55	A^6			C^9			D^3 E^2	D^1 D	55
50	A^5+C^{12}	? A^4 A^3+C^{11}		A^1+C^8	C^7 C^6	C^2	D^2 E^3	D	50
45			A^2+C^{10}	C^5	C^4		C^1	C+B	45
40								C+B	40
35						? C^3		B	35
30								B	30
25								B A	25
20								A	20
15								A	15
10								A	10
5								A	5
0°									0°

EXPLICATION DES LETTRES ET SIGNES.

A. *Plantes mégathermes.*

A. Mégathermes actuelles.
A^1. Gisements de Monod, Paudèze, dans la Suisse occident. (Heer, Recherches sur le climat et la végét. tertiaire, traduct. de la Flora tert. Helv.) — Des plantes mésothermes sont mêlées avec les mégathermes dans ces localités.
A^2. Gypses d'Aix. Mégathermes avec des mésothermes C^{10}.
A^3. Chiavone et Salcedo (Massalongo, Molon, sull. fl. terz., p. 104 et 27). — Des mésothermes sont mêlées aux mégathermes, mais les premières dominent.
A^4. Sables supérieurs du Soissonnais (Watelet, Descript. foss. du bassin de Paris), contenant beaucoup de mégathermes : Banisteria, Cupania, Cæsalpinia, etc. La position stratigraphique laisse à désirer, ou du moins l'âge a été peut-être présumé plus d'après les fossiles que d'après les couches.
A^5. Bolca (Massalongo, Molon, l. c.). — Mélange de mésothermes avec des mégathermes, mais les premières dominent.
A^6. Sheppey, près Londres (Bowerbank, Ad. Brongniart, Lyell), Ce dernier auteur (Student's elements, 1871, p. 240) donne des preuves pour croire que le dépôt n'a pas été l'effet d'un transport de pays éloigné.

B. *Plantes xérophiles actuelles.*

Aucun gisement fossile n'a montré jusqu'à présent une flore ancienne de cette nature ; mais les pays où l'on peut croire qu'il en existe ont à peine été explorés.

C. *Plantes mésothermes.*

C. Mésothermes de l'époque récente, soit actuelle.
C^1. Les nombreuses flores du sud-est de la France, des époques les moins anciennes, étudiées par M. de Saporta (Études sur la végétation du sud-est de la France à l'époque tertiaire, part. 3, dans Annales des Sc. nat., 1867).
C^2. Méximieux (de Saporta, Bull. de la Soc. géol., série 2, v. 26, p. 752, et Ann. des Sc. nat., série 3, v. 17, p. 403. Sur les caractères propres de la végétation du pliocène, à propos des découvertes de M. Rames dans le Cantal, br in-8°, 1873).
C^3. San Jorge, de l'île de Madère (Heer, ueb. die foss. Pflanzen, v. S. Jorge, in-4°, 1855). Sur l'époque, voir Lyell, Élem., trad. franç. de la 6me édit., 12, p. 352.
C^4 et C^5. Sud-est de la France (de Saporta, Études, etc., part, 2). Quelques mégathermes figurent dans les listes, mais elles n'approchent pas de former le quart de chaque flore.
C^6. Piémont (Sismonda, Matériaux, etc., in-4°, p. 80).

C^7. Œningen, près du lac de Constance (Heer).
C^8. Monod, Paudèze, etc. Mélange de mésothermes et mégathermes (A^1) où les premières dominent.
C^9. Dantzig (Heer, Miocène baltische Flora), la couche inférieure contenant les *Sequoia*, *Smilax*, *Myrica*, *Ficus*, *Lauracées*, *Juglandées*, etc.
C^{10}. Gypses d'Aix (de Saporta, Études, part. 1, et surtout supplément 1, dans Ann. des Sc. natur., v. 15; Heer, Rech. clim. vég., p. 184). Mélange avec des mégathermes (A^2), les mésothermes cependant plus nombreuses.
C^{11}. Chiavone et Salcedo. Mélange avec des mégathermes (A^3).
C^{12}. Bolca, Mélange avec des mégathermes (A^5).
C^{13}. Spitzberg (Heer, Flore foss. arct., v. 2), avec des microthermes (D^4).
C^{14} Islande (Heer ibid., v. 1), avec des microthermes (D^5).

D. *Plantes microthermes.*

D. Microthermes de l'époque actuelle, soit récente.
D^1. Cannstadt. Dépôts dans le diluvium.
D^2. Charbons feuilletés de Durnten, canton de Zurich, et Utznach, canton de Saint-Gall (Heer, Le monde primitif de la Suisse, trad. franç., p. 593 et suiv.).
D^3. Forêt de Cromer, Norfolk (Lyell, Heer).
D^4. Spitzberg (Heer, Fl. foss. arct., v. 2). Mélange avec des mésothermes (C^{13}).
D^5. Islande (Heer, Fl. foss. arct., v. 1), avec mélange de mésothermes (C^{14}).

E. *Plantes hékistothermes.*

E. Hékistothermes de l'époque actuelle.
E^1. Suède méridionale, Danemark (Nathorst, Journal of botany, août 1873, p. 225).
E^2. Mecklembourg et Cromer, au-dessus de la forêt (Nathorst, ibid.).
E^3. Argile glaciaire de Schwerzenbach, entre Zurich et le lac de Constance, contenant le *Dryas octopetala* et autres plantes hékistothermes (Nathorst, Journal of botany, août 1873, p. 227). Même gisement près de Munich (ibid.).
E^4. Diluvium superficiel du Spitzberg (Heer, Fl. foss. arct.).

Signes.

J'ai indiqué les mélanges sous la forme (A+C), lorsque l'une des catégories se trouvait représentée dans une autre par un quart au moins des formes.

Le point d'interrogation (? C^9) veut dire que la position quant à l'âge du terrain est douteuse.

§ 3. *Histoire des groupes physiologiques.*

Le tableau qui précède indique, assez clairement, la disposition géographique des groupes, depuis le commencement de l'époque tertiaire, dans une grande étendue de l'hémisphère boréal[1]. On observe les mêmes faits en Amérique, seulement il y a moins de documents, et les degrés de latitude pour les limites ne sont pas tout à fait les mêmes, les lignes de température semblables n'étant pas identiques avec celles d'Europe. Voyons maintenant chacun des groupes, en partant des faits les mieux connus, c'est-à-dire de ceux de l'époque actuelle.

Les mégathermes se trouvent aujourd'hui entre les tropiques, dans la zone des pluies abondantes et d'une température moyenne de 20 à 28 degrés C. Aucun gisement fossile de végétaux n'ayant été découvert en Afrique entre l'équateur et 30° de latitude, il n'est pas possible de savoir si des plantes analogues existaient précédemment dans cette région, mais on connaît des fossiles de Java et de l'une des Antilles, appartenant à une date qu'on a qualifiée de tertiaire, sans doute parce qu'elle n'a pas paru très-ancienne. Ces fossiles se composent d'espèces analogues à celles qui vivent à présent dans les

[1] J'ai fait, pour ma propre satisfaction, les mêmes recherches sur l'hémisphère austral. Il a eu certainement des déplacements de végétations analogues, mais je ne pourrais rien ajouter aux faits et aux réflexions qui se trouvent dans les trois grands ouvrages du Dr Hooker, sur les Flores antarctiques, de Tasmanie et de la Nouvelle-Zélande. Depuis ces publications, il a été fait peu d'observations. Elles manquent, en particulier, sur les fossiles végétaux. Si l'expédition du *Challenger* rapporte les plantes fossiles constatées jadis à Kerguelen, ce sera d'un grand intérêt. L'hémisphère austral est malheureusement dans une période glaciaire peu favorable.

mêmes pays. Des observations semblables ont été faites sur des fossiles animaux au Brésil, dans l'Inde et ailleurs. Les espèces y sont toujours analogues à celles qui habitent aujourd'hui dans chacune de ces régions intertropicales. Il est donc probable que les mégathermes ont vécu dans les pays intertropicaux depuis le temps où chaque surface y a été émergée, c'est-à-dire quelquefois depuis un temps très-reculé. En Europe on a trouvé des mégathermes dans le terrain miocène inférieur de Lausanne (A^1), dans l'éocène supérieur de Provence (A^2) et dans l'éocène inférieur de Bolca en Piémont (A^5) ; mais elles y sont mêlées avec des mésothermes et constituent à peine le quart de chacune des flores fossiles. Les sables du Soissonnais, qu'on peut rapporter, non sans quelque doute, à l'éocène moyen, ont accusé principalement des mégathermes. Enfin le gisement de Sheppey, à l'embouchure de la Tamise, qui appartient à l'éocène inférieur, contient un telle proportion de Pandanées, Palmiers, etc., avec des reptiles et pachydermes analogues à ceux des pays les plus chauds, qu'on ne peut contester le caractère mégatherme de la flore anglaise au commencement de l'époque tertiaire. Probablement cette végétation avançait même plus au nord, jusque vers les 57me ou 58me degrés de latitude, s'il existait des terres dans cette direction. On pourrait tracer sur mon tableau une ligne diagonale, du 58me, dans l'éocène, au 23me degré, à l'époque actuelle, et cette ligne serait pour chaque époque la limite extrême que les mégathermes ont atteinte. A mesure que le climat devenait moins chaud, elles ont dû périr, ou s'étendre plus au midi, lorsque la forme des surfaces terrestres le leur permettait. En outre, elles recevaient parmi elles

des mésothermes dans des proportions de plus en plus importantes.

Les xérophiles existent aujourd'hui à peu près entre les 23me et 44me degrés de latitude, mélangées de plus en plus du côté du nord avec des mésothermes. On les retrouverait probablement au Sénégal, en Égypte, en Arabie, si l'on découvrait dans ces pays des gisements tertiaires de végétaux autres que de simples accumulations de bois pétrifiés sans feuilles ni fruits. La mer du Sahara excluait jadis les xérophiles d'un des pays où elles abondent aujourd'hui. Dans l'Europe méridionale, elles existaient probablement à l'époque tertiaire mélangées avec les mésothermes. On remarque dans les listes des *Zizyphus, Smilax* et autres genres des lieux secs de la région méditerranéenne, mais l'humidité était certainement plus grande qu'à présent aux époques glaciaire, pliocène et miocène. Elle devait nuire aux xérophiles. Je doute qu'il y en eût un quart dans les flores de ces époques. Au commencement de l'éocène, leur proportion était probablement moins faible. M. de Saporta, dans son dernier et remarquable travail sur la flore des gypses d'Aix, donne en effet des preuves qu'il existait alors en Provence un climat assez sec pendant l'été, véritable continuation de l'époque de la craie. Je n'ai pas indiqué sur mon tableau les proportions probables des xérophiles dans les temps antérieurs au nôtre, parce qu'elles sont trop douteuses; la distinction de cette catégorie de plantes ne pouvant se faire convenablement que par une observation des localités dans lesquelles vivent les espèces.

Les mésothermes, aujourd'hui resserrées dans une zone assez étroite, du 33me au 44me degré environ, ne parais-

sent pas avoir été troublées à l'époque glaciaire, malgré la proximité des neiges. En effet, les tufs et travertins de Provence et d'Italie, dont la formation date en partie de l'époque où les glaciers descendaient au pied des Alpes provençales et dans les plaines du Piémont, ne laissent apercevoir aucune particularité dans la composition des flores. Ce sont toujours des mésothermes avec un très-petit nombre de xérophiles. Les espèces actuelles de la région méditerranéenne y dominent déjà. On peut soupçonner plus d'humidité et une température plus égale qu'à présent, mais rien ne conduit à l'idée d'une température froide. Du reste, les notions actuelles de géographie physique et botanique l'expliquent. Pour la formation de grands glaciers, qui se déversent au loin, il faut surtout des étendues considérables de hautes montagnes sur lesquelles une humidité abondante puisse produire des accumulations de neiges. Ces conditions devaient exister en Suisse quand les Alpes n'avaient pas été aussi dénudées et dégradées qu'à présent par l'effet des glaciers et des cours d'eau, quand le Sahara était une mer et qu'une autre mer très-froide couvrait une grande partie de l'Allemagne, de la Russie et de l'Angleterre. Au nord des Alpes régnait un climat rigoureux, mais cette chaîne servait de barrière, et ses glaciers méridionaux pouvaient descendre au milieu d'une végétation mésotherme, de la même manière qu'aujourd'hui les glaciers de la Nouvelle-Zélande sont entourés, dans leur cours inférieur, de fougères arborescentes.

Avant l'époque glaciaire, les mésothermes ont avancé plus au nord. Elles dominent dans les plantes fossiles du Spitzberg, si bien étudiées par M. Heer, qu'il dit être de

l'époque miocène, sans pouvoir déterminer, ce me semble, si c'est au miocène supérieur ou inférieur qu'il faut les attribuer. Cette flore mésotherme boréale était mélangée de microthermes. Des *Sequoia, Libocedrus, Taxodium distichum* et autres arbres actuellement en Californie, sous des formes très-voisines ou identiques, étaient réunis à notre sapin commun, *Pinus Abies* L., dont la forme est, comme on voit, très-ancienne. S'il existait des terres plus au nord, à l'époque éocène, elles devaient contenir des mésothermes entre les 80° et 85° ou même jusqu'au pôle ; mais l'état des connaissances ne permet aucune assertion à cet égard.

Les microthermes existent aujourd'hui en Europe, entre les 44me et 70me degrés de latitude. Au milieu de la période glaciaire elles formaient les bois fossiles de Wetzikon et d'Utznach, dans la Suisse orientale, et de Cromer en Norfolk, à ce point que l'on a constaté, comme je l'ai dit, dans ces deux localités le pin, le sapin, le chêne, le noisetier et autres arbres actuellement vivants. Ce qu'il y a de curieux c'est que ces deux forêts sont intercalées entre des couches glaciaires, qui ne renferment pas toujours, il est vrai, des fossiles végétaux, mais qui prouvent en Suisse une première invasion des glaciers et en Norfolk une première submersion par une mer communiquant avec le nord. Au-dessus des deux forêts on a trouvé les hékistothermes (E^2, E^3), qui ont été supplantées à l'époque actuelle par un retour des anciennes microthermes. Cette catégorie étant au Spitzberg, lors du miocène, et il est possible qu'elle ait existé plus au nord à l'époque éocène, soit près du pôle, soit au pôle même, s'il y avait là des surfaces terrestres.

Enfin les hékistothermes, disposées au nord des précédentes et sur le sommet des montagnes, se sont avancées dans la plaine, à l'époque glaciaire. Elles ont dû suivre partout les moraines, les neiges fondantes et couvrir çà et là de leurs fleurs les oasis analogues au Jardin de la Mer de glace. Il est bien douteux qu'elles aient pu exister quelque part à l'époque miocène et surtout éocène. S'il y avait alors des montagnes près du pôle, elles ont pu s'y trouver. Sans cela ces plantes se seraient formées plus tard, en se séparant des microthermes, 1° dans la région polaire, et 2° sur les Alpes, les Pyrénées, etc., lorsque ces montagnes ont pris leur élévation actuelle.

Les hypothèses sur la naissance successive des classes, familles, espèces, occupent beaucoup les naturalistes. Celles qu'on peut aborder sur la naissance des groupes physiologiques ne sont pas moins intéressantes et elles ont l'avantage de présenter moins d'obscurité.

Si l'on part de l'idée, admise par les physiciens, d'une température à peu près égale et assez élevée du globe terrestre à une époque reculée, suivie d'un refroidissement très-lent, et d'une division en climats, pendant une série incalculable de siècles, il faut admettre à l'époque la plus ancienne une seule catégorie physiologique de végétaux, celle que j'ai appelée mégistotherme. De là seraient provenus les végétaux de l'époque carbonifère, encore peu variés quand on les compare à ceux des époques subséquentes. Ils paraissent avoir été mégathermes, ou quelquefois mésothermes, car les Fougères et les Conifères actuelles répondent à ces deux catégories. Dans le nombre il a pu y avoir des espèces pouvant

s'accommoder des longs crépuscules polaires, puisque nos Fougères actuelles vivent souvent au milieu des forêts et que certaines Conifères cultivées, le *Cryptomeria japonica*, par exemple, se trouvent mieux d'être à l'ombre. La neige doit avoir détruit ces premières végétations du nord, mais les mégathermes et mésothermes persistaient ailleurs. Il est difficile de comprendre ce qui s'est passé pendant la période immense des formations secondaires, à cause de la dispersion des surfaces terrestres d'alors, de l'étendue des mers qui couvraient l'Europe et de la rareté des fossiles végétaux étudiés jusqu'à présent. Lorsque la période tertiaire a commencé, les mégathermes occupaient les surfaces alors émergées jusqu'au 58me degré de latitude boréale, c'est-à-dire toutes les régions aujourd'hui chaudes ou tempérées. Les autres catégories de végétaux se sont dégagées peu à peu des plantes antérieures et se sont cantonnées vers le nord et sur les montagnes, à mesure que l'augmentation du froid en expulsait les anciens possesseurs. Graduellement les mégathermes ont perdu plus de terrain et les autres en ont acquis. Ceci est l'expression simple et sans théorie des faits.

Comment et par quels moyens se sont opérées ces séparations de groupes physiologiques en conformité avec les climats? Voilà le point où paraissent commencer les hypothèses. La question semble être la même que pour l'évolution des formes, mais elle a dans les faits connus une base qui manque à celle-ci : Personne ne peut prouver qu'il ait existé primitivement une seule forme de végétal, tandis que certainement la surface du globe a eu jadis un seul climat. L'unité de climat

entraînait l'unité physiologique à l'égard du dit climat, pour les végétaux quelconques de l'époque. Il n'y a donc pas d'hypothèse à dire que les groupes physiologiques ont succédé à un seul.

Quant à la cause qui a fait sortir les groupes les uns des autres, l'hypothèse proposée par Darwin pour les formes s'applique également ici, et elle trouve également de l'appui dans les circonstances d'un phénomène dont les phases sont de jour en jour mieux connues. Ainsi les changements et physiologiques et de formes ont été très-lents et très-graduels. L'étude des flores tertiaires, telle que la poursuit M. de Saporta[1] sur les traces de M. Heer, fournit des preuves multipliées d'une substitution lente et continuelle de formes analogues, ce qui est contraire à l'hypothèse de rénovations brusques et à longs termes, par des causes inconnues, émise par le savant professeur de Zurich. Du reste, je n'ai aucune raison de discuter ici l'hypothèse de Darwin. Ce serait sortir du cadre de mon travail, et il convient d'ailleurs d'attendre qu'une autre hypothèse discutable ait été mise en avant.

La distribution des groupes physiologiques depuis les époques anciennes conduit à reconnaître deux sortes de flores, les unes sédentaires qui ont vécu là où elles existent depuis des temps reculés, les autres plus ou moins nomades, qui ont changé d'habitation une ou plusieurs fois. Les flores actuelles intertropicales ont été le moins troublées par des accidents de climat. Elles n'ont pas souffert des glaciers, car en supposant qu'il en soit

[1] Je recommanderai surtout de lire le *Premier supplément aux Études sur la végétation du sud-est de la France à l'époque tertiaire*, dans les *Annales des Sciences naturelles*, 5me série, partie Botanique, vol. XV. Paris, 1872.

descendu de quelques chaînes de montagnes, comme les Andes et la chaîne littorale du Brésil, les plaines chaudes environnantes ont dû les fondre rapidement et la végétation a toujours pu continuer dans les plaines voisines. Au contraire, les flores arctiques ou antarctiques et des pays tempérés actuels, ont changé fréquemment de place, les hékistothermes et les microthermes s'étant souvent substituées les unes aux autres. Si l'on adoptait l'opinion de M. Maurice Wagner[1] que les migrations sont nécessaires à la production et consolidation de nouvelles formes, les hékistothermes et les microthermes seraient plus nombreuses en espèces que les mégathermes. Or, c'est le contraire qui est vrai. On compte aujourd'hui 30 ou 40,000 espèces intertropicales, et d'après quelques fossiles connus, il est probable qu'il a existé 2 ou 300,000 formes spécifiques analogues dans cette zone, sans parler des mégathermes qui ont vécu ailleurs et que l'abaissement des températures a détruites. Des hékistothermes, il existe seulement 3 ou 4000, sans aucune apparence qu'elles aient jamais été très-nombreuses. Les microthermes sont aussi inférieures en nombre aux mégathermes. Il est évident qu'un développement sur place, avec des conditions peu variables et rarement nuisibles, comme celui des mégathermes, a été plus fructueux que des changements de climat ou des migrations. Ce n'est pas que celles-ci ne mettent les végétaux dans des conditions favorables à la production et surtout à la conservation de nouvelles formes et de nouvelles dispositions physiologiques par un effet de l'isolement, mais elles sont accom-

[1] Die Darwinische Theorie und das Migrationsgesetz der Organismen. Br. in-8°. Leipzig, 1868.

pagnées de trop de mauvaises chances. Les invasions glaciaires, par exemple, expulsent matériellement et par le climat qu'elles supposent, une quantité d'espèces et en détruisent beaucoup d'autres.

Ainsi, des deux conditions qui ont été souvent mises en opposition comme influant sur les évolutions, le temps et les changements de climat, c'est le temps qui a le plus de valeur. Rien ne prouve qu'il soit en lui-même une cause de variation, mais il accumule celles qui arrivent, et il ne nuit pas, comme les changements le font toujours, quelquefois même d'une façon désastreuse.

QUELQUES EXPÉRIENCES

CONCERNANT

LES EFFETS DU MAGNÉTISME

SUR

LA DÉCHARGE ÉLECTRIQUE A TRAVERS UN GAZ RARÉFIÉ

LORSQU'ELLE S'ACCOMPLIT DANS LE PROLONGEMENT DE L'AXE DE L'AIMANT

PAR

MM. AUGUSTE DE LA RIVE & ÉDOUARD SARASIN[1]

Dans le premier travail[2] que nous avons publié sur l'action du magnétisme sur les gaz traversés par la décharge électrique nous avons étudié d'abord le cas où l'aimant agit sur une décharge perpendiculaire à son axe. Nous avons reconnu que dans ce cas l'aimant, entre les deux pôles duquel se trouve le tube de Geissler, a pour effet, outre la déviation du jet lumineux, sa condensation et son plus vif éclat, une diminution notable de la force élastique du gaz dans la portion de la décharge qui est plus directement soumise à son action. Cette augmentation de densité, qui se produit au détriment du reste de la masse gazeuse en même temps que la condensation du jet lumineux, varie avec la nature du gaz ; elle est moins forte avec l'hydrogène qu'avec l'acide carbonique, plus faible avec ce dernier qu'avec l'air, c'est-à-dire que l'effet est d'autant plus marqué que le gaz est moins bon conducteur pour l'électricité. En outre, cet effet est plus considérable sur la portion de la décharge voisine de l'électrode négative que sur le reste de la colonne gazeuse traversée par le courant. Quant à la

[1] Cette note a été rédigée peu de temps avant la mort d'Auguste de la Rive pour le *Jubelband* des *Annales de Poggendorff*. Elle renferme le résumé des dernières recherches expérimentales auxquelles ait pu se livrer le savant illustre dont Genève et le monde scientifique tout entier ont ressenti si douloureusement la perte. (*Réd.*)

[2] Voyez *Archives*, 1871, tome XLI, p. 5.

diminution de conductibilité du gaz qu'on savait résulter dans ce cas de l'action de l'aimant, nous avons reconnu qu'elle varie aussi très-notablement avec la nature du gaz étant d'autant plus considérable que le gaz est un meilleur conducteur de l'électricité.

Dans le même travail, nous avons étudié ensuite l'effet de l'aimant sur une décharge s'accomplissant suivant la ligne qui joint ses deux pôles. Dans ce cas, nous avons observé, au contraire, une augmentation très-sensible de l'intensité du courant. Nous nous étions bornés à constater que cette diminution de résistance provoquée dans le tube de Geissler, placé axialement entre les deux pôles magnétiques, est d'autant plus marquée que le gaz est meilleur conducteur et que sa pression est plus faible. En vue de compléter nos premières observations, nous avons repris et varié cette expérience. Qu'il nous soit permis d'exposer ici en quelques mots, quoiqu'ils soient encore fort incomplets, les résultats auxquels nous ont conduits nos dernières recherches.

Au lieu de disposer notre électro-aimant en fer à cheval, comme dans nos premières expériences avec les deux bobines horizontales dans le prolongement l'une de l'autre et les deux pôles magnétiques opposés, séparés par un intervalle de dix centimètres, ce qui obligeait à introduire le tube de Geissler dans l'ouverture cylindrique percée dans l'axe de chacun des deux fers doux, nous avons employé ici l'électro-aimant en colonne de façon à ne faire agir sur la décharge qu'un seul des deux pôles magnétiques. L'appareil dans lequel s'accomplissait la décharge électrique, tube de Geissler ou large cloche, reposait sur l'extrémité supérieure du cylindre de fer doux, la ligne des électrodes se trouvant sur le prolongement de l'axe de l'aimant.

Nous avons commencé par opérer avec des tubes de Geissler cylindriques de 30 centim. de longueur et de 32 millim. de largeur, présentant des électrodes intérieures formées d'un fil de platine. L'un de ces tubes renferme de l'azote, l'autre de l'hydrogène, tous deux à une pression très-basse de 1^{mm} environ ou même au-dessous, à en juger du moins par l'apparence que la décharge affecte dans leur intérieur. Le courant d'induction fourni par une machine de Ruhmkorff de moyenne grandeur, excitée par quatre couples de Grove, traversait ce tube de Geissler, puis l'appareil de dérivation dont nous avons fait usage dans nos précédentes recherches. C'est sur une très-faible portion du courant qui était dérivé dans un galvanomètre placé suffisamment loin de l'aimant pour n'en pas être influencé, que nous observions les variations d'intensité de la décharge, suivant qu'elle était ou non soumise à l'action de l'aimant. Celui-ci était excité par 20, 25, 30 et même quelquefois 40 couples de Bunsen.

Traversé par la décharge de la machine de Ruhmkorff, chacun de ces deux tubes de Geissler présente autour de l'électrode négative une belle auréole bleue, s'étendant jusqu'aux parois du tube, au delà, un long intervalle obscur, et de là jusqu'à l'électrode positive des stries très-espacées. L'apparence de cette décharge change complétement dès qu'elle vient à être soumise à l'action de l'aimant et lorsque l'électrode négative se trouve en bas, soit sous l'action immédiate du pôle magnétique. Dès qu'on aimante, en effet, l'auréole négative qui, sur une longueur de 35^{mm} environ, occupait tout le diamètre du tube, se transforme en un cylindre étroit de 8 à 9^{mm} de diamètre, très-lumineux, s'étendant jusqu'à l'électrode positive à travers tout l'intervalle occupé précédemment par l'espace obscur et le jet strié positif, présentant, à part les stries et la cou-

leur, une apparence analogue au jet positif encore étroit que l'on observe vers 8 ou 10^{mm}.

Lorsqu'au lieu d'opérer avec un tube de Geissler nous employions une grande cloche ou encore un des ballons à l'aide desquels se fait l'expérience des aurores boréales avec électrode négative centrale entourée de l'anneau positif, nous obtenions toujours le même effet, c'est-à-dire que la large auréole sphérique qui se développait aux très-basses pressions, autour de l'électrode négative, isolée, était remplacée par un jet bleu, étroit, d'un très-vif éclat, ayant parfois l'apparence d'une flamme bleue brillante qui s'échapperait de l'électrode positive. Ce jet négatif se produit toujours dans la continuation de l'axe de l'électro-aimant, même dans le cas où l'électrode positive est un anneau situé dans le même plan horizontal que l'électrode négative. L'électricité, qui s'échappait en tous sens également de l'électrode négative, ne sort plus maintenant que sous une seule direction comme projetée loin du pôle magnétique. Toutefois ce n'est qu'aux très-basses pressions, à 1^{mm} et même au-dessous que cet effet se produit avec ce degré d'intensité. Plus la force élastique du gaz est grande, plus ce dard négatif se raccourcit cédant la place au jet positif. C'est à 2^{mm} environ que cette action répulsive, que l'aimant paraît exercer sur l'auréole négative, commence à devenir sensible.

Telle est la modification produite par l'aimantation dans l'apparence de la décharge électrique. Celle-ci est accompagnée d'un changement tout aussi marqué dans la résistance opposée par le gaz raréfié au passage de la décharge. Comme nous l'avions observé déjà, et consigné dans le mémoire précité, l'aimant a pour effet, dans le cas d'une décharge disposée axialement, d'augmenter notablement l'intensité du courant.

Avec le tube de Geissler à hydrogène décrit ci-dessus, placé verticalement sur l'extrémité supérieure du cylindre de fer doux, l'électrode négative en bas, le galvanomètre placé dans le courant dérivé marquait 20° lorsqu'on n'aimantait pas et 40° lorsque l'électro-aimant était excité par 25 couples de Bunsen. Le tube d'azote, placé dans les mêmes conditions, donnait 20° sans aimantation et 30° avec aimantation. Dans un autre cas, en lançant dans l'électro-aimant le courant de 40 couples de Bunsen, nous avons vu croître la déviation du galvanomètre, avec le tube d'hydrogène de 12° qu'elle marquait avant l'aimantation à 55°, avec le tube d'azote de 10 à 35°. On voit, par ces exemples, que nous prenons au hasard, au milieu d'un très-grand nombre de résultats analogues, que l'intensité de la décharge transmise par le tube de Geissler peut être quadruplée par l'effet d'un électro-aimant suffisamment fort [1]. On voit, de plus, ce que nous avions reconnu déjà, que l'effet est plus marqué sur l'hydrogène que sur l'air, que l'augmentation d'intensité du courant est plus considérable avec le gaz plus conducteur qu'avec le gaz moins bon conducteur de l'électricité.

Lorsque c'est l'électrode positive qui est soumise à l'action immédiate de l'aimant, il n'y a presque aucune modification appréciable dans l'apparence et dans l'intensité de la décharge. — L'effet, en revanche, est exactement le même, quel que soit le sens de l'aimantation.

Lorsqu'on dispose dans le circuit plusieurs tubes de Geissler consécutifs placés tous de la même manière sur l'extrémité supérieure du fer doux, ayant chacun leur électrode négative en bas, l'effet sur l'intensité du courant

[1] Cette augmentation d'intensité se reconnaît par la simple inspection du tube de Geissler à ce fait que l'électrode négative rougit et présente des traces de fusion dès qu'on aimante.

qui les traverse tous est encore plus fort. Mais si, outre le ou les tubes placés sous l'action de l'aimant, il y en a un seul dans le circuit qui soit en dehors de cette action, l'effet que l'aimant produit sur l'intensité du courant en est annulé, quoique la modification que subit l'apparence de la décharge dans les autres tubes placés sur le pôle magnétique, demeure la même. Il semble donc que ce soit une résistance spéciale et particulièrement intense, ayant son siége à la sortie de l'électrode négative qui se trouve de la sorte vaincue par l'intervention de l'aimant.

Une dernière série d'expériences est venue à l'appui de cette manière de voir et nous a montré que les dimensions de l'électrode négative, qui influent notablement sur les dimensions de l'auréole et sur la résistance au passage de l'électricité, influent aussi sur l'augmentation d'intensité produite par l'aimant dans le cas d'une décharge axiale. En opérant avec la grande cloche, nous avions une augmentation d'intensité très-forte, plus faible ou presque nulle suivant que nous employions comme électrode négative une pointe ou un fil de platine, une petite boule ou une grande boule de 4 centim. de diamètre [1].

Nous nous bornons ici à consigner brièvement ces quelques observations sans prétendre en tirer, pour le moment du moins, aucune conséquence théorique.

[1] Dans la note qui a paru en allemand dans les *Annales de Poggend.*, il s'est glissé à cette place une erreur grave qui nous fait dire le contraire de ce que nous voulions, et qu'il importe de rectifier ici. Ce n'est point avec une électrode négative d'une grande surface que l'effet de l'aimant est le plus marqué, mais au contraire avec une électrode négative d'une très-petite surface. Dans le premier cas, la couche lumineuse très-mince qui recouvre la grande électrode sur toute son étendue ne subit pas de modification notable sous l'action de l'aimant. Dans le second cas, au contraire, la grande auréole sphérique, qui se développe autour de la petite électrode, se transforme, dès qu'on aimante, en un long jet lumineux dirigé dans le prolongement de l'axe de l'aimant, et c'est alors que l'intensité du courant subit cette augmentation considérable que nous avons décrite. E. S.

NOUVELLES OBSERVATIONS

SUR LES

MŒURS DES FOURMIS ET DES ARAIGNÉES

DU MIDI DE LA FRANCE

PAR M. T. MOGGRIDGE

Un jeune Anglais, M. Traherne Moggridge, obligé, pour cause de santé, de passer l'hiver à Menton, depuis plusieurs années, s'est voué avec ardeur à l'étude de l'histoire naturelle de cette portion du littoral de la Méditerranée. M. Moggridge a publié d'abord, en 1871, une flore [1] illustrée des principales plantes qui fleurissent pendant l'hiver, accompagnée de renseignements fort intéressants sur leur mode de végétation ; puis en 1873 un petit ouvrage sur les mœurs des fourmis et des araignées [2], qui dénote un esprit d'observation très-remarquable.

Les étrangers viennent maintenant en grand nombre passer l'hiver à Menton, attirés par la douceur du climat ou séduits par la beauté du pays. On ne peut se lasser, en effet, d'errer à l'aventure dans ces vallées solitaires, ombragées par de beaux oliviers et par des citronniers chargés de fruits dorés, ou de rester assis sur le sommet des collines, s'oubliant à regarder au loin, à travers les

[1] Contributions to the flora of Mentone and to a winter flora of the Riviera including the coast from Marseilles to Genoa. Royal 8vo, in 4 parts, each, with 25 coloured Plates 15 *s*., or complete in one vol. 63 *s*. L. Reeve and Co, 5, Henrietta Street. Covent Garden.

[2] Harvesting ants and Trap-door spiders.— Notes and observations on their habits and dwellings. 1 vol. with Plates.

pins, les belles eaux bleues de la Méditerranée. On doit savoir gré à M. Moggridge d'avoir ajouté un nouvel intérêt à tant d'autres, en faisant l'histoire des fleurs que l'on rencontre sous ses pas, et en montrant que ces collines, couvertes de plantes odoriférantes, de mousses, de fougères et de lycopodiacées délicates, sont habitées par tout un petit monde, dont les intelligents travaux commandent l'admiration de l'observateur.

Les ouvrages de M. Moggridge n'étant pas encore traduits en français, nous avons pensé qu'il serait intéressant de publier au moins un extrait de son dernier mémoire, pour montrer qu'un sujet qu'on croyait épuisé depuis longtemps, repris par un naturaliste ingénieux et patient, peut encore révéler bien des choses nouvelles et curieuses. Ce travail, du reste, nous a été singulièrement facilité par M. Moggridge lui-même, qui a bien voulu, avec la plus grande obligeance, non-seulement nous donner tous les renseignements que nous pouvions désirer, sur les lieux mêmes où il avait fait ses observations, mais aussi nous faire part de plusieurs faits qu'il ne connaissait pas encore lors de la publication de son ouvrage. Qu'il veuille bien en recevoir ici tous nos remerciements.

I

En 1869, M. Bentham, président de la Société linnéenne de Londres, attira l'attention des naturalistes, sur le peu de renseignements qu'on avait sur l'origine de certaines plantes, qui apparaissent subitement dans des localités où elles étaient inconnues auparavant, à la suite de travaux nécessitant des transports de terre. Cette observation suggéra à M. Moggridge l'idée que les fourmis qu'il avait vues à Menton, transportant des graines, pouvaient bien être

une cause indirecte de cette dissémination. Lorsqu'il communiqua cette opinion à quelques naturalistes, il fut très-surpris d'apprendre que c'était un fait admis sans hésitation par MM. Huber, Gould, Kirby, Smith et récemment par M. Blanchard, que les fourmis d'Europe ne font point de provisions, et que le bon La Fontaine était dans l'erreur, lorsqu'il prenait, dans ses fables, ces insectes comme le type de la prévoyance.

D'un autre côté, cependant, on trouve les assertions les plus positives dans plusieurs auteurs grecs et latins, tels qu'Hésiode, Horace, Virgile, Ésope, ainsi que dans les proverbes de Salomon, que les fourmis accumulent pendant l'été des provisions pour l'hiver, et il est bien constaté aussi, d'après les observations de MM. Sykes, Jerdon, Lincecum, Bates, etc., que les fourmis de l'Inde, du Texas, du Brésil, entassent dans leurs fourmilières une quantité considérable de graines.

En présence d'affirmations si contradictoires, M. Moggridge se décida, dès son retour à Menton, au mois d'octobre 1871, à reprendre avec soin l'examen de l'observation superficielle qu'il avait déjà faite antérieurement, pour tâcher de résoudre les trois questions suivantes :

1° Les graines transportées dans les fourmilières sont-elles employées comme matériaux de construction, ou bien sont-elles déposées dans l'intérieur comme provisions ?

2° Les fourmis qui récoltent des graines recherchent-elles les pucerons comme les autres fourmis?

3° Toutes les fourmis du midi de l'Europe, ou seulement quelques espèces, transportent-elles des graines?

M. Moggridge constata d'abord, que trois espèces seulement de fourmis transportent des graines : l'*Atta bar-*

bara, dont il existe deux variétés, l'une complétement noire, l'autre à tête rouge; l'*Atta structor*, espèce très-voisine de l'*A. barbara*, enfin, la *Pheidole* (*Atta*) *megacephala*, très-petite fourmi jaune ayant une fort grosse tête. Les faits que nous allons maintenant retracer se rapportent surtout à l'*Atta barbara* qu'il est plus facile d'observer que les deux autres.

En visitant les fourmilières qu'il connaissait déjà, M. Moggridge ne tarda pas à trouver de nombreuses fourmis qui, se rendant à une petite prairie voisine, en revenaient chargées de graines et de capsules prises à diverses plantes (*Capsella bursa pastoris*, *Alsine media*, Lin., *Calamintha*, etc.). Lorsqu'il s'agit de cueillir, par exemple, une capsule de *Bursa pastoris*, une fourmi monte le long de la grappe, et négligeant celles de la base qui, étant sèches, laisseraient trop facilement sortir leurs graines, elle s'attaque à celles du milieu, vertes et bien remplies; mordant ensuite vigoureusement le pédoncule à sa base, tandis qu'une autre fourmi s'efforce de le tordre, elle ne tarde pas à le détacher, la capsule tombe alors sur le sol, puis elle est reprise par d'autres fourmis.

Les fourmis peuvent-elles se tromper et rapporter au logis de petits corps n'ayant que l'apparence d'une graine? Pour s'éclairer sur ce point, M. Moggridge répandit sur le sol de très-petits grains de porcelaine de diverses couleurs; quelques-uns furent emportés au logis, mais bientôt les intelligentes petites bêtes comprirent leur erreur, et, retournant à leurs plantes, ne firent plus aucune attention à ces objets sans utilité pour elles.

Les graines et les capsules rapportées sont, ou déposées momentanément à l'entrée, ou aussitôt introduites dans l'intérieur de la fourmilière, qui, étant toujours creusée

dans un sol sablonneux plus ou moins compacte, n'exige aucune substance étrangère pour sa construction, et dont l'étendue peut être souvent très-considérable. Notons en passant que le sol, à une fort grande distance de l'entrée de la fourmilière, est, à la fin de l'été, recouvert par un amas souvent considérable de glumes et de capsules vidées, continuellement rapportées de l'intérieur où les graines seules sont conservées.

La nature du sol, dans lequel les fourmilières se trouvent, rend fort difficile l'observation de ce qui se passe au dedans. M. Moggridge, désirant beaucoup savoir la fin de l'histoire de ces graines qu'il voyait entrer en si grande quantité, ne s'est point découragé, et a fini par trouver une fourmilière qui, étant parallèle au mur d'une terrasse, pouvait être assez facilement explorée sur toute sa longueur. En suivant les galeries, il a pu constater alors que les graines, qui se rapportaient à plus de dix-huit familles différentes de plantes, étaient accumulées avec soin dans de petites cavités ou greniers, dont le volume varie entre celui d'une montre et celui de la paume de la main. Ces greniers ont un plancher soigneusement fait avec de petits grains de mica et de quartz cimentés ensemble ; la partie supérieure a, en général, la forme d'une voûte. M. Moggridge a constaté, de plus, ce fait très-curieux, que les graines qui se trouvent accumulées dans ces greniers, ne présentent presque jamais (à peine une sur des milliers) un commencement de germination, quoique étant souvent dans des conditions d'humidité, de profondeur et de température très-favorables à leur développement. Comment les fourmis peuvent-elles obtenir ce résultat? Ce problème de physiologie végétale n'a pas été résolu jusqu'à présent, mais M. Moggridge a pu se convaincre,

qu'il était absolument nécessaire, pour que la germination fût arrêtée, que les fourmis pussent visiter les greniers. Si les visites sont interrompues, alors la germination commence immédiatement. M. Moggridge s'est demandé si l'acide formique ne pouvait pas être la cause de cette suspension de la germination, mais les récentes expériences qu'il a faites ne lui permettent point de conclure ainsi.

Lorsqu'une graine, par suite de certaines circonstances, germe dans un grenier, dès que la radicule a atteint une certaine longueur, elle est coupée par les fourmis à son extrémité libre, puis la graine est sortie du nid, exposée au soleil, et ensuite rapportée à l'intérieur pour être mangée avec avidité, renfermant à ce moment-là une substance sucrée.

Les diverses colonies de l'*Atta barbara* se font souvent une guerre acharnée pour s'emparer de leurs provisions, et M. Moggridge a pu suivre les diverses phases d'une lutte entre deux fourmilières, qui a duré 46 jours, du 18 janvier au 4 mars. Il paraît que dans leurs combats, les fourmis cherchent le plus souvent à se saisir par leurs antennes, et que, lorsque l'une d'elles a été prise de cette manière, elle perd immédiatement toute son énergie. Certaines fourmis paraissent spécialement chargées du pillage, car M. Moggridge a constaté plusieurs fois, que les fourmis revenant chargées de butin, le remettaient, à l'entrée de leur demeure, à d'autres ouvrières pour repartir immédiatement.

Quoique les *Atta barbara* et *structor* emploient la plus grande partie de leur temps à récolter des graines, elles font cependant aussi la chasse aux petits insectes, qu'elles dévorent immédiatement, ou qu'elles transportent dans l'intérieur de leurs habitations.

M. Moggridge ayant installé, dans une grande bouteille de verre, pleine de terre, placée dans son jardin, une colonie d'*Atta barbara* avec sa reine et plusieurs larves, a pu suivre ses travaux pendant quatre mois et enregistrer les observations suivantes :

Les fourmis se mirent immédiatement à creuser des galeries, travaillant avec ardeur jour et nuit. Comme la masse de terre mise à leur disposition était petite pour le nombre des travailleurs placés dans la bouteille, au lieu de ne faire qu'une seule entrée comme cela est habituellement le cas, elles en firent un grand nombre, afin que tous les membres de la colonie pussent entrer et sortir sans encombrement. Plus tard, lorsque les galeries furent plus avancées, les entrées, qui ont souvent la forme de petits cônes (formés par l'accumulation des matières terreuses provenant du percement des galeries), furent réduites à trois et même enfin à une seule. Au bout du dix-neuvième jour, les fourmis, bien installées, se mirent à transporter régulièrement les graines, que M. Moggridge avait disséminées autour de la nouvelle habitation.

Il arrive souvent que les petites racines des plantes qui croissent à la surface du sol, pénètrent dans les galeries, gênant ainsi la circulation des fourmis; mais elles ont soin de les couper immédiatement à mesure qu'elles paraissent, comme M. Moggridge a pu le constater plus d'une fois.

Les fourmis auraient-elles connaissance de la valeur du traitement des maladies par l'eau froide ? On pourrait le croire par le fait suivant, observé par M. Moggridge, d'une fourmi qui en plongeait une autre dans une petite flaque d'eau, à la surface de laquelle flottait un brin

d'herbe servant de pont; la fourmi immergée fut ensuite tirée avec peine de l'eau, puis portée au soleil pour qu'elle pût se sécher.

M. Moggridge a pu se convaincre aussi que les graines accumulées dans les greniers servent bien réellement à la nourriture des fourmis ; car il a eu plus d'une fois l'occasion de voir ces insectes détacher, avec leurs mandibules, les particules d'un grain de millet humide et débarrassé de son périsperme, pour les introduire dans la bouche. En mettant à leur disposition des graines diverses, les unes ont pu être mangées immédiatement, pour d'autres il fallait les humecter préalablement. Jamais, en tout cas, ces fourmis n'ont été attirées par des pucerons placés dans leur voisinage.

M. Moggridge, ayant vu les fourmis qu'il tenait en captivité travailler la nuit, a voulu s'assurer si cela avait lieu habituellement. Dans ce but, ayant été visiter des fourmilières par une nuit fort obscure et chaude, il a trouvé une colonne qui rapportait avec activité des graines prises dans un jardin voisin, et si M. Moggridge n'a pas pu observer les mœurs de la *Pheidole megacephala*, c'est précisément parce que cette petite espèce travaille surtout pendant la nuit.

La récolte des graines par l'*Atta barbara* a été observée à Menton, à Cannes, à Marseille, à l'île de Capri, à Alger. Cette espèce se trouve aussi en Allemagne, en Suisse et dans le nord de la France. Quelles sont ses mœurs, ses habitudes dans les pays du Nord ? Fait-elle aussi des provisions pour l'hiver ? Cela est peu probable après les travaux si précis d'Huber. M. Moggridge désirerait beaucoup, cependant, qu'un naturaliste reprît ce sujet.

II

La grande classe des Aranéides a été divisée en plusieurs groupes, dont un, en particulier, est fort curieux : c'est celui des *Territelariæ* ou *Mygales*, dont plusieurs espèces construisent des tubes souterrains, revêtus de soie et munis d'une ou même de deux portes, d'une structure souvent fort compliquée; formant ainsi des demeures qu'on peut certainement classer parmi les plus ingénieuses constructions dues à l'instinct des animaux. Les araignées de ce groupe se distinguent à première vue, en particulier, par la présence sous l'abdomen de quatre taches pâles, indiquant la place des sacs aériens, au lieu de deux que l'on trouve dans les autres groupes.

Les premières observations sur les demeures des *Territelariæ* sont dues à Browne, qui les fit à la Jamaïque en 1756, et à l'abbé Sauvage qui découvrit, vers 1760, près de Montpellier, l'araignée maçonne (*Nemesia cæmentaria*). On trouve dans le nord de l'Europe un représentant de ce groupe, l'*Atypus piceus* (*A. Sulzeri*) ; mais il n'est pas certain que cette espèce ferme son tube par une porte; dans tous les cas, si celle-ci existe, elle n'est que fort rudimentaire.

Les autres espèces de *Territelariæ*, qui construisent des tubes munis de portes véritables, habitent les régions chaudes du globe, et ne se trouvent en Europe que sur les bords de la Méditerranée. On peut rapporter ces constructions à deux types bien distincts, suivant qu'elles ont une ou deux portes fixées par une charnière. Il ne faudrait point conclure cependant de l'analogie dans les demeures, à une analogie dans les espèces qui les con-

struisent ; en effet, nous verrons que deux espèces du même genre peuvent construire des demeures très-différentes, et aussi que deux espèces, appartenant à des genres distincts, ont des demeures presque identiques.

Entrons maintenant dans quelques détails, en commençant par les demeures des araignées qui consistent en un tube muni d'une seule porte ou couvercle ; nous décrirons pour cela celles de la *Cteniza nidulans*, de la *C. fodiens* et de la *Nemesia cæmentaria*.

La *Cteniza nidulans*, qui se trouve seulement aux Antilles, se construit un tube qui est fermé à sa partie supérieure par une porte très-mince, exclusivement construite en soie et qui ne fait que reposer sur l'ouverture. Ce tube est beaucoup plus grossier dans sa texture que celui des autres araignées tubicoles ; il est droit ou courbe, souvent renflé à son extrémité inférieure, de manière à imiter un éperon (fig. A).

M. Gosse a très-bien décrit un de ces tubes dans son ouvrage : *Séjour d'un naturaliste à la Jamaïque.* « Il est, dit-il, cylindrique, ayant de quatre à dix pouces de profondeur et un pouce de diamètre ; son extrémité est arrondie. Tous les tubes ne sont pas également bien construits, le tissu qui les tapisse étant plus ou moins compacte ; mais il est toujours très-lisse à l'intérieur. La portion soyeuse de la partie supérieure du tube, est beaucoup plus épaisse que celle de la partie inférieure qui est très-mince ; le couvercle est soudé au tube sur une largeur du tiers de la circonférence, et cette charnière ne présente rien de particulier. » M. Gosse, se fondant sur l'inspection attentive d'un grand nombre de tubes, pense qu'ils sont construits de la manière suivante :

L'araignée commence par creuser un trou dans le sol

humide avec ses mandibules, enlevant peu à peu les particules de terre et les portant au dehors ; puis, lorsque le trou est arrivé à une certaine profondeur, elle tapisse l'intérieur, fait son couvercle, et ce n'est que plus tard qu'elle achève de prolonger son tube et de le revêtir de soie. L'araignée ne paraît pas faire d'une seule fois la membrane soyeuse qui couvre la paroi de la demeure, mais elle dépose ici et là des plaques de soie, là sans doute où la terre se détache le plus facilement. Par-dessus cela, elle remet ensuite des plaques plus larges, et enfin, lorsque toute la paroi est recouverte, elle ajoute quelquefois un nouveau revêtement, composé de plusieurs couches très-fines, formées par l'entrelacement de fils simples ou agglutinés ensemble. L'ouverture du tube est légèrement dilatée de manière à former une sorte de lèvre ; le couvercle, très-mince, est quelquefois un peu convexe à sa face inférieure pour mieux reposer sur les bords du tube.

M. Gosse possède un de ces tubes, remarquable par l'extrême compacité de son tissu soyeux, dont tout le bord libre du couvercle est percé d'une rangée de quinze petits trous, semblables à ceux qui seraient produits par une fine aiguille; une rangée semblable, mais double, se trouve sur le bord supérieur du tube. M. Gosse ne croit pas que ces ouvertures aient pour but de permettre à l'araignée de tenir sa porte solidement fermée au moyen de ses pattes (les trous du couvercle étant trop rapprochés de ceux du tube), mais il pense qu'elles servent à faciliter l'entrée de l'air.

Les demeures de la *Cteniza fodiens* et de la *Nemesia cæmentaria* n'ont aussi qu'une seule porte, mais elle est très-épaisse et convexe en dessous de manière à pou-

voir pénétrer dans l'ouverture du tube comme le ferait un bouchon (figure B).

On trouve un peu partout, dans les régions tempérées et chaudes du globe, des constructions de cette forme, dues à diverses espèces de *Territelariæ*, par exemple, aux Indes, à Formose, en Australie et sur les bords de la Méditerranée, etc.

M. Moggridge a pu bien étudier la demeure de la *N. cæmentaria*, qui est assez abondante à Menton (la *C. fodiens* est, au contraire, fort rare), et ajouter de nouveaux faits à ceux déjà connus.

Il n'est pas facile, du reste, de trouver les demeures de ces araignées, par suite de la précision avec laquelle les couvercles ferment l'entrée du tube, et à cause de l'identité de leur aspect extérieur avec celui du sol environnant. Elles se trouvent en général sur les pentes humides et ombragées, dans les interstices des vieilles murailles, recouvertes de mousses, fort rarement sur un terrain plat; souvent enfin plusieurs habitations sont rapprochées les unes des autres. Le tube est droit ou légèrement courbé, se dirigeant toujours de haut en bas; quant au couvercle, sa construction est fort remarquable, comme nous l'avons déjà dit et comme nous le verrons plus loin encore. Lorsqu'on veut essayer de le soulever avec une petite pointe, il arrive quelquefois qu'on ne peut réussir qu'avec assez de peine. Cela est dû aux efforts de l'araignée qui se cramponne au couvercle au moyen de ses pattes, dont les empreintes restent ensuite, sous la forme de petits trous, situés sur la portion périphérique du couvercle opposée à la charnière, et qui persistent pendant un temps plus ou moins long.

On a souvent dit que ces marques étaient des trous

préparés pour faciliter la préhension de la porte, mais cela n'est pas; ils proviennent simplement de l'enfoncement d'un corps pointu dans une substance molle.

Nous avons dit que la surface supérieure du couvercle s'harmonisait avec le sol environnant, étant couverte, suivant les cas, de terre ou de petites mousses en pleine végétation. Les araignées cependant paraissent être dirigées, dans le choix de leurs matériaux, par d'autres motifs. En effet, M. Moggridge a pu constater plusieurs fois que, si on enlevait un couvercle couvert de mousse et tout le gazon environnant le tube, de manière à laisser le sol dénudé sur une certaine étendue, au bout de quelques jours le couvercle était refait, et recouvert encore d'une mousse que l'araignée avait dû aller prendre au loin, ce qui, dans ce cas, rendait l'entrée de l'habitation très-apparente.

Il est difficile de connaître les habitudes des araignées tubicoles, car elles ne sortent, en général, que la nuit. Cependant Olivier dit, qu'aux îles d'Hyères, il a vu des tubes ouverts au milieu de la journée et vides.

D'un autre côté M. Hansard qui a gardé de ces arachnides en captivité à Corfou, ne les a jamais vus sortir que la nuit ou de très-grand matin. M. Erber a observé aussi que la *Cteniza ariana*, qui se trouve dans l'île de Tinos, ne chasse que la nuit. Pour s'emparer de sa proie, elle attache sa porte à un objet voisin, au moyen d'un fil pour qu'elle puisse rester ouverte; puis elle tisse rapidement, devant l'entrée de sa demeure, une petite toile qu'elle détruit le matin.

Il est positif cependant que quelques araignées tubicoles ne craignent point la lumière, car Lady Parker a raconté à M. Moggridge qu'à Paramatta, près de Sydney,

en Australie, une espèce très-abondante dans les jardins se voit habituellement, pendant le jour, devant sa demeure tout ouverte, dans laquelle elle se hâte de disparaître à la moindre inquiétude, laissant retomber le couvercle qui ferme avec une exactitude si parfaite, qu'on ne peut que très-difficilement le retrouver.

Une araignée adulte n'abandonne sa demeure qu'avec une extrême répugnance, comme M. Saunders a pu le constater aux îles Ioniennes, où il a trouvé un tube qui avait deux portes, l'une à la partie supérieure et qui n'avait rien de particulier, et l'autre, qui était tout à fait à l'extrémité opposée, ne pouvant servir absolument à rien puisqu'elle était appliquée contre le sol. M. Saunders ne put s'expliquer ce fait qu'en supposant que le tube, qui se trouvait dans un terrain cultivé, avait été mis sens dessus dessous et que l'araignée, au lieu d'aller ailleurs, avait préféré appliquer une nouvelle porte à la nouvelle entrée de son tube. Cette hypothèse fut ensuite vérifiée en répétant l'expérience avec une araignée élevée en captivité. Nous verrons un peu plus loin une observation de M. Moggridge, qui explique assez bien, pourquoi les araignées adultes ne veulent point abandonner leurs demeures.

On s'est souvent demandé comment les araignées construisaient, soit leur tube qui a souvent plusieurs décimètres de longueur, soit leur couvercle, souvent assez large (celui de la *N. cœmentaria* pouvant atteindre 14 millimètres de diamètre). M. Moggridge ne pense pas que ce travail se fasse en une seule fois, car il résulte au contraire de ses observations, qu'un tube n'atteint ses plus grandes dimensions que graduellement, et voici comment.

Très-peu de temps après leur sortie de l'œuf, les pe-

tites araignées se mettent à construire une microscopique demeure, tout à fait semblable à celle de leur mère, et on ne peut assez s'étonner que de si frêles petites créatures puissent creuser un tube dans la terre, à une profondeur relativement fort grande. M. Moggridge a pu suivre la construction du couvercle, qui consiste d'abord en un réseau de fils, entre les mailles duquel des particules de terre sont déposées et solidement fixées ; puis les bouts des fils sont coupés, sauf à la place qui doit être la charnière. Le couvercle est d'abord très-mol, mais au bout de quelques jours il se durcit et devient très-solide.

A mesure que la petite araignée grandit, au lieu de refaire une autre demeure, elle augmente graduellement les dimensions de celle qu'elle occupe, ce qui fait qu'on peut se procurer des tubes présentant toutes les grandeurs possibles, depuis deux jusqu'à quatorze millimètres de diamètre.

On peut assez facilement prouver que les grands couvercles proviennent d'un petit qui a été agrandi successivement. Si on mouille l'un d'eux avec un peu d'eau, on voit, en effet, qu'il consiste en plusieurs couches de soie, imprégnées de particules terreuses, formant de six à quatorze petites plaques circulaires (dont les bords sont plus épais que la portion centrale), superposées les unes au-dessus des autres, et allant en augmentant de diamètre (voir figure B[1]) ; celle du haut étant la plus petite et correspondant au couvercle du premier âge, et celle du bas étant la plus grande et correspondant à l'ouverture agrandie du tube de l'âge adulte. M. Moggridge a toujours trouvé que le nombre des couches de soie était proportionnel au diamètre du couvercle, en effet :

un couvercle de	2 mill.	a	1 couche	de soie
»	4	»	5 couches	»
»	6	»	8 »	»
»	10	»	9 »	»
»	12	»	12 »	»

Comme l'accroissement moyen annuel d'un couvercle est de 7 millim. environ, M. Moggridge pense qu'il faut trois ou quatre ans pour qu'un tube atteigne les plus grandes dimensions connues actuellement, c'est-à-dire 3^{c},2 (se trouve en Australie), et cela nous fait connaître en même temps la durée de la vie du constructeur.

Si on sort une jeune araignée de son tube, elle se met immédiatement à l'ouvrage pour en reconstruire un autre, mais il n'en est point de même pour les araignées adultes, sauf dans des cas particuliers comme nous le dirons plus loin.

Il nous reste maintenant à décrire les demeures des araignées tubicoles qui, au lieu d'avoir une seule porte, en ont deux, une extérieure très-mince, et une autre, intérieure, solide, épaisse, située à trois ou quatre pouces de profondeur. Ces tubes sont construits par la *Nemesia meridionalis* et par la *Nemesia Eleanora*, et jusqu'à présent ils n'ont été observés qu'à Menton, à Cannes, à San Remo, à Hyères et à Pegli dans la villa Pallavicini près de Gênes. Découverts pour la première fois par une dame anglaise Mrs. Boyle, c'est à M. Moggridge que nous devons de connaître leur structure exacte qui est vraiment très-remarquable. Entrons maintenant dans quelques détails.

Les tubes de la *Nemesia meridionalis* (fig. C) sont assez communs à Menton. On les trouve entre les pierres des murs qui soutiennent les terrasses sur lesquelles

croissent les citronniers, et sur les terrains en pente, exposés au soleil. Ces tubes présentent non-seulement une porte intérieure, mais ils ont de plus une branche latérale ascendante, formant un angle de 45 degrés environ avec le canal principal, qui se termine en cul-de-sac, et toujours à une très-petite distance de la surface du sol. La porte supérieure ressemble beaucoup à celle de la *Cteniza nidulans* des Antilles ; elle est très-mince et ne fait que s'appuyer sur le bord du tube un peu rabattu pour la recevoir. Son tissu est formé d'une couche de soie, recouverte de terre, mais rarement en quantité suffisante, pour permettre la végétation de petites plantes, aussi l'araignée fixe-t-elle à la surface, des brins de bois, des fragments de feuilles mortes, qui rendent la découverte de la porte souvent fort difficile. Dans certains cas l'ouverture ne se trouve pas au niveau du sol, mais à une certaine hauteur ; le tube reste cependant vertical, par suite d'une consolidation de son tissu, soit au moyen d'une sorte de ciment terreux, soit en s'appuyant sur les branches entrelacées des végétaux environnants.

Quant à la seconde porte, elle est située à l'embranchement du tube latéral, au sommet de l'angle supérieur d'intersection, et elle est suspendue de telle façon qu'elle puisse boucher hermétiquement l'un ou l'autre des tubes. Si on enlève avec une pelle la motte de terre qui renferme le tube, de manière à le couper au-dessous de l'embranchement, on peut souvent voir l'araignée, placée derrière la porte inférieure et la poussant vigoureusement; cependant on peut aussi la trouver au fond du tube, les jambes repliées et comme sans vie; jamais M. Moggridge ne l'a vue retirée dans le tube latéral dont il ignore

l'usage. Cette porte intérieure est assez épaisse (2 à 3 millim.) ; sa forme est celle d'une ellipse dont les bords de la face supérieure seraient légèrement relevés; elle est construite avec de la terre entourée de soie, elle porte de plus à sa partie inférieure une sorte d'appendice membraneux et libre qui rend sans doute la fermeture plus complète. Cette porte, du reste, n'est point fixée au tube par une simple charnière comme M. Moggridge l'avait cru d'abord, mais elle est retenue sur toute sa longueur, par une délicate membrane, repliée un peu comme la peau d'un soufflet, ce qui permet un mouvement de déplacement, sans laisser aucune ouverture sur les côtés (voir figure C^1).

Les jeunes araignées de cette espèce se construisent aussi des demeures microscopiques semblables, même un peu plus compliquées. En effet, M. Dillon, un ami de M. Moggridge, a découvert qu'elles présentent un second embranchement latéral et descendant, mais beaucoup plus petit que l'embranchement supérieur. Il en résulte que le tube principal, muni de ses deux appendices, ressemble un peu à une croix de Saint-André dont un des bras serait très-court et un autre très-long. Quant à la petite porte intérieure, placée à l'entrecroisement des quatre branches, elle peut, par son déplacement, tantôt se placer au centre et former ainsi deux tubes contigus, ou fermer l'une des branches en se portant de côté (voir fig. C^2 et C^3). Quel est l'usage de ce second appendice ? On l'ignore. Tout ce que l'on peut dire, c'est qu'à mesure que la petite araignée agrandit sa demeure, elle néglige de s'occuper de cet embranchement qui finit peu à peu par disparaître.

On peut très-bien constater dans certains tubes, l'ac-

croissement successif qui a été apporté à la porte supérieure, car les couches ajoutées lui donnent quelquefois un peu l'apparence d'une coquille d'huître.

La demeure de la *Nemesia Eleanora* n'exigera pas beaucoup de détails, car elle est fort semblable à celle de la *Nemesia meridionalis;* la seule différence est que le tube est simple, au lieu de porter un embranchement (voir figure D). Fermé à l'extérieur par un couvercle très-mince, on trouve à quelques pouces au-dessous de l'entrée la seconde porte, épaisse, d'une forme légèrement différente de celle de la *Nemesia meridionalis* (voir figures D[1] et D[2]) et dont les bords, un peu obliques pour mieux plaquer, sont rattachés sur toute leur longueur, à la paroi du tube, par une membrane terminée par deux fines languettes. Cette espèce, qui recherche surtout les endroits humides, est moins commune à Menton que la précédente, mais elle est assez abondante sur le versant nord de la petite montagne de Saint-Cassien près de Cannes.

Nous avons déjà dit que les araignées adultes, sorties de leur demeure, ne s'en construisent point une nouvelle; cependant M. Moggridge ayant gardé en captivité une *Nemesia Eleanora,* sans son tube, dans une petite caisse pleine de terre, a constaté le fait suivant. — Cette araignée se mit, au bout d'un certain temps, à tisser contre les parois de la caisse, une sorte de coque ou cellule ellipsoïdale, dans laquelle elle se renferma; puis un peu plus tard elle ajouta à l'une des extrémités de cette habitation, un tube de quelques pouces de longueur, tout en soie et qui était ouvert à son extrémité. L'araignée sortait souvent de cette nouvelle demeure pour courir çà et là, dans la caisse, avec une grande agitation. M. Moggridge ayant eu ensuite l'idée de creuser dans la terre un

trou cylindrique assez profond, l'araignée quitta bien vite son habitation anomale, pour s'installer dans le dit trou, qui fut peu à peu tapissé de soie et muni de ses deux portes, seulement assez grossièrement faites. M. Moggridge pense donc, à la suite de cette observation, que si les araignées adultes ne se construisent pas de demeures souterraines, c'est uniquement parce qu'elles ne savent plus creuser. Ceci expliquerait très-bien pourquoi elles ont une telle répugnance à quitter leurs habitations, même lorsque celles-ci sont renversées ou détruites en partie, parce que ayant encore un tube à leur disposition elles sont toujours en état de le réparer plus ou moins bien. Lorsqu'en effet une *Nemesia cœmentaria* adulte, se trouve dans le cas de refaire une porte, elle se contente de mettre deux ou trois plaques de soie au lieu de quatorze.

Tout ce que nous avons dit jusqu'à présent sur les mœurs des araignées se rapporte exclusivement aux femelles, car on ne sait rien ou presque rien sur les mâles qui sont excessivement rares, en hiver du moins; M. Moggridge n'en a jamais trouvé, dans cette saison, que quatre ou cinq dans toutes ses recherches. Ils se tiennent sans doute cachés dans les crevasses du sol et échappent facilement à la vue à cause de leur taille très-inférieure à celle des femelles. On ne peut point obtenir de très-jeunes mâles lorsqu'on trouve, ce qui est fréquent en automne, au fond de sa demeure, l'araignée entourée de ses petits, au nombre quelquefois de quarante; car à cette époque, les deux sexes, très-distincts à l'état adulte, sont identiques.

Quelques observateurs ont dit que les araignées tubicoles rejetaient au dehors les débris des petits insectes, qu'elles n'avaient pas pu manger, mais il résulte des ob-

servations récentes de M. Moggridge que ces débris, qui proviennent en général de fourmis, restent au fond du tube, dissimulés sous des couches de soie.

En terminant son ouvrage, l'auteur espère que les résultats auxquels il est arrivé engageront d'autres naturalistes à poursuivre les observations qu'il a commencées soit sur les fourmis, soit sur les araignées du littoral de la Méditerranée. Pour nous, nous faisons les vœux les plus sincères pour que l'état de santé de M. Moggridge lui permette de continuer ses travaux, et sans doute, d'ici à peu de temps, nous verrons paraître une nouvelle édition de son ouvrage, qui renfermera des faits aussi nouveaux et aussi intéressants que ceux que nous venons de résumer dans ces quelques pages.

G. ROCHETTE.

Explication des figures de la planche.

A. Demeure de la *Cteniza nidulans.*

B. Demeure de la *Nemesia cœmentaria.*

B^1. Séparation du couvercle en quatorze plaques circulaires.

C. Demeure de la *Nemesia meridionalis* adulte.

C^1. Porte intérieure, isolée, entourée de sa membrane.

C^2 C^3. Tubes de la *Nemesia meridionalis* jeune, montrant les deux positions de la porte intérieure.

D. Demeure de la *Nemesia Eleanora.*

D^1. Porte intérieure isolée entourée de sa membrane.

D^2. Section transversale d'un tube pour montrer la porte intérieure vue par dessous.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

A. MERGET. SUR LA REPRODUCTION ARTIFICIELLE DES PHÉNOMÈNES DE THERMO-DIFFUSION GAZEUZE DES FEUILLES PAR LES CORPS POREUX ET PULVÉRULENTS HUMIDES. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, mars 1874, p. 884.)

Dans un précédent mémoire, que les *Archives* ont reproduit [1], M. Merget a déjà fait connaître les principaux résultats de ses recherches dans la diffusion des gaz au travers des feuilles du *Nelumbium*.

En résumé, il était arrivé à établir que cette diffusion résulte d'une inégalité de température entre les faces solarisées des feuilles et les tissus immergés sous-jacents. Il en concluait que cette circulation gazeuse dans les feuilles du *Nelumbium* est un phénomène d'ordre purement physique auquel il a donné le nom de thermo-diffusion; c'est en vertu de cette action thermo-diffusive qu'a lieu la circulation de l'air de la face solarisée des feuilles de *Nelumbium* vers leur parenchyme humide moins chaud.

En confirmation de cette théorie, M. Merget a eu récemment l'occasion d'observer que des feuilles de *Nelumbium* qui ont perdu leur propriété thermo-diffusive, par suite d'une dessication prolongée, la recouvrent en entier lorsqu'on les humecte de nouveau. Voici d'ailleurs en quels termes il expose lui-même cette intéressante observation :

« Quand on expose aux radiations solaires une feuille de *Nelumbium* dont le pétiole coupé plonge dans l'eau, elle con-

[1] Voyez *Archives*, 1874, tome XLIX, p. 165.

serve pendant plusieurs heures de suite, souvent même pendant des journées entières, son pouvoir thermo-diffusif. Celui-ci cependant s'affaiblit progressivement en elle à mesure qu'elle se dessèche, et après qu'elle l'a perdu complétement par une dessication assez avancée, on peut le lui restituer, à peu près intégralement, en la ramenant à son état hygrométrique primitif.

« Des feuilles de *Nelumbium* desséchées au mois d'août 1873 et que cette dessication avait rendues rigides et cassantes ont été prises en cet état cinq mois après, c'est-à-dire en janvier et février 1874, et placées alors entre deux doubles de linge mouillé qui leur ont redonné, principalement à l'état de vapeur pénétrant par les stomates, toute l'humidité qu'elles avaient perdue. Cette absorption d'humidité ayant eu pour effet de ramener leurs tissus à leur couleur, à leur turgescence et à leur souplesse primitives, elles se trouvèrent ainsi physiquement reconstituées et par suite de cette reconstitution de leur structure et de leur état physique elles recouvrèrent toute leur énergie et leur activité thermo-diffusive qu'elles manifestèrent comme à l'état frais.

« On voit donc que la feuille du *Nelumbium* semble bien se comporter comme un simple corps poreux humide dans lequel la chaleur provoque la diffusion des gaz.

« Dans sa nouvelle communication, M. Merget établit d'ailleurs que les corps poreux ordinaires, à l'état humide, possèdent, en effet, la propriété thermo-diffusive.

« Dans un diaphragme poreux mouillé, dit-il, dont les faces sont le siége de mouvements évaporatoires inégaux, cette inégalité devient une cause de diffusion dans un seul et même gaz primitivement au même état des deux côtés. Le courant gazeux qui s'établit alors est dirigé de la face qui évapore le plus à celle qui évapore le moins.

« Des appareils de construction très-simple, auxquels je donnerai pour abréger le nom de thermo-diffuseur, peuvent

être employés pour vérifier la généralité de l'énoncé précédent.

« Un récipient de forme plate, en terre poreuse cuite d'un grain assez fin, dont on remplit la cavité de fragments de la même terre et dont le col verni est muni d'un tube de dégagement, constitue un thermo-diffuseur d'un maniement très-commode.

« On réalise plus élémentairement un appareil de ce genre avec un vase poreux de pile rempli de la même manière que plus haut et fermé avec un bouchon portant un tube abducteur, et plus élémentairement encore, avec une pipe dont il suffit d'obturer le fourneau.

« Ces appareils étant préalablement mouillés avec de l'eau ordinaire, si l'on fait plonger dans le même liquide les tubes de dégagement des deux premiers ou le tuyau du troisième et qu'on les chauffe progressivement dans une étuve à air, voici ce qu'on observe:

« A des températures assez basses et qui ont atteint la limite inférieure de 30° dans quelques-unes de mes expériences, ils commencent à donner passage à l'air extérieur, dont le mouvement diffusif rentrant s'effectue avec une vitesse progressivement croissante, à mesure qu'on élève davantage la température du thermo-diffuseur et dont la pénétration dans l'intérieur de l'appareil y détermine des excès de pression qui marchent dans le même sens.

« Ainsi introduit sous pression, l'air qui a traversé la paroi poreuse vient se dégager en bulles plus ou moins nombreuses à l'extrémité plongeante du tube abducteur et l'on ne saurait voir dans ce dégagement un effet de la détente et de la condensation de la vapeur intérieure; car il se produit encore, et il peut même s'accélérer, soit lorsqu'on remplit le thermo-diffuseur de chaux vive, soit lorsqu'on le chauffe à une température inférieure à 100° en faisant déboucher son tube abducteur dans un bain d'eau bouillante.

« Les résultats obtenus sont indépendants de la nature du corps poreux employé pour la construction du thermo-diffuseur et de la nature du liquide qui le mouille, pourvu que celui-ci soit volatil, c'est ce qui ressort d'expériences faites avec le sulfate de carbone, l'éther, le chloroforme, l'alcool ordinaire et l'alcool méthylique.

« Les propriétés thermo-diffusives des corps poreux se retrouvent dans les substances pulvérulentes quand elles ont été mouillées et suffisamment condensées par un tassement préalable.

« Une pipe bourrée avec de la poudre de terre de pipe, un vase poreux de pile rempli de la même poudre dans laquelle on fait simplement entrer un tube de dégagement, se comportent en tout, lorsqu'on les chauffe après humectation préalable, comme les thermo-diffuseurs précédemment décrits. On peut leur substituer un bloc d'un corps poreux mouillé dans lequel on a pratiqué une cavité aboutissant au centre et où l'on engage un tube de verre, ouvert aux deux bouts, autour duquel on tasse une substance pulvérulente. L'air, introduit par diffusion rentrante dans cette masse poreuse, y afflue de tous les points de la surface à la fois, en se dirigeant vers le centre où vient s'ouvrir le tube qui lui fournit une issue pour son dégagement.

« Le sol étant composé de substances pulvérulentes réalise, quand il est dans un état convenable de tassement et d'humidité, les conditions de milieu nécessaires et suffisantes pour la production des phénomènes de thermo-diffusion gazeuse, et, par suite, lorsqu'il est assez fortement chauffé par les radiations solaires, ses surfaces solarisées donnent accès à l'air du dehors qui pénètre sous pression dans les couches sous-jacentes à travers lesquelles il se meut en marchant des plages chaudes aux plages relativement plus froides. »

On voit par ce qui précède que M. Merget donne le nom de thermo-diffusion à un phénomène entièrement différent

de celui décrit et étudié antérieurement sous le même nom par M. Feddersen [1].

La thermo-diffusion de M. Feddersen est un phénomène beaucoup plus simple et, par suite, plus facile à interpréter. Il consiste dans la production d'un courant gazeux allant de la face froide à la face chaude d'un corps poreux séparant deux masses de gaz primitivement dans les mêmes conditions. La diffusion résulte alors de l'inégalité de température des deux faces du corps poreux. De là l'emploi du terme thermo-diffusion, par analogie avec les courants thermoélectriques. Les matières poreuses employées par M. Feddersen étaient des substances sèches, telles que de l'éponge de platine, de la poudre de charbon, de la magnésie calcinée, etc. Or, en supposant qu'elles soient préalablement humectées, leur face la plus chaude serait nécessairement celle qui évaporerait le plus et, dans ce cas, suivant M. Merget, le courant gazeux devrait être dirigé en sens inverse de celui observé par M. Feddersen dans les mêmes corps poreux secs.

Dans les expériences de M. Merget la chaleur n'agit que d'une facon indirecte, ce qui ne semble guère justifier l'emploi du terme thermo-diffusion.

Enfin, il n'est pas sans intérêt de rapprocher les résultats obtenus par M. Merget de ceux auxquels M. Dufour est arrivé dans ses recherches sur la diffusion entre l'air sec et l'air humide à diverses températures [2]. Suivant M. Dufour, le courant gazeux prédominant est toujours dirigé de l'air sec vers l'air humide, soit dans le sens de la plus faible à la plus forte tension de vapeur, ce qui pourrait bien expliquer l'entrée de l'air extérieur plus sec dans les thermo-diffuseurs humides et chauds de M. Merget.

C. de C.

[1] *Poggend. Annalen*, t. CXLVIII, p. 302; *Archives*, 1873, t. XLVII, p. 74.

[2] Voyez *Archives*, 1874, t. XLIX, p. 316.

Théod. Hubener. Écoulement des dissolutions salines a travers des tubes capillaires. (*Poggend. Annalen*, tome CL, p. 248.)

La vitesse d'écoulement des dissolutions dans des tubes capillaires ne paraît pas dépendre uniquement de leur pesanteur et de l'adhésion capillaire. Poiseuille a démontré que la vitesse d'écoulement d'un mélange d'eau et d'alcool décroît à mesure que la pesanteur spécifique croît par l'addition de quantités de plus en plus grandes d'eau jusqu'à un minimum qui correspond exactement au maximum de contraction de ce mélange. Girard avait trouvé que la vitesse d'écoulement du chlorure de sodium est plus faible que celle d'une dissolution de chlorure de potassium de même densité.

M. Hubener a pensé qu'à côté de l'adhésion et de la pesanteur du liquide, un facteur important, pour la vitesse d'écoulement d'une dissolution, devait être le frottement intermoléculaire résultant de la plus ou moins grande cohésion, et pour le vérifier il a comparé au point de vue de leur vitesse d'écoulement un certain nombre de dissolutions de compositions chimiques très-différentes, ramenées à la même densité.

Le liquide était introduit dans un tube de verre rectiligne, vertical, de 50^{cm} de longueur et $1^{cm},78$ de diamètre, ayant un prolongement capillaire de 40^{cm} environ de longueur. Le tube large présentait deux repères et on mesurait exactement, avec une montre à secondes, le temps nécessaire pour que le niveau du liquide s'abaissât d'un des repères à l'autre.

En opérant de la sorte sur des dissolutions de chlorure, de bromure et d'iodure de potassium, de chlorure de sodium et d'ammonium à 1,059 densité et à une température fixe, l'auteur a reconnu que *la vitesse d'écoulement des dissolutions sa-*

lines à travers des tubes capillaires est d'autant plus petite que le poids atomique du sel dissout est plus faible. Pour les différents corps binaires indiqués ci-dessus, c'est surtout le métal qui influe sur la vitesse d'écoulement beaucoup plus que le métalloïde. Les variations, que la vitesse d'écoulement présente d'un corps à l'autre, sont d'autant plus marquées que le tube est plus capillaire et que la concentration de la dissolution est plus grande.

En comparant deux dissolutions de chlorure de sodium et de potassium à 1,1058 de densité, l'auteur est arrivé à ce résultat remarquable que les temps d'écoulement de ces deux sels se sont trouvés très-sensiblement proportionnels à leurs équivalents. De cette expérience, et d'autres analogues, étendues aussi aux chlorures des métaux alcalino-terreux, barium, strontium, magnésium, M. Hubener croit pouvoir conclure, d'une manière générale, avec une très-grande probabilité, que *les vitesses d'écoulement de ces corps en dissolution dans l'eau se comportent à un degré déterminé de concentration comme leurs équivalents.*

L'explication de ces faits devrait, suivant M. Hubener, se trouver dans la circonstance que les molécules des corps ayant un plus fort équivalent sont plus grandes, mais en revanche en moins grand nombre, et doivent, par conséquent, donner lieu à un frottement plus faible avec le dissolvant dans lequel elles sont contenues, communiquant de la sorte à la dissolution une plus grande mobilité.

J. Stefan. Expériences sur la vaporisation. (*Wiener Akad. Anzeiger*, 1873, p. 161 ; *Naturforscher*, 1874, p. 5.)

Nous donnons ici les résultats des recherches récentes de M. Stefan sur la vaporisation tels qu'ils sont renfermés dans un court résumé inséré dans le *Bulletin de l'Académie de Vienne* et reproduit par le *Naturforscher*. Ces expériences

ont été faites sur des corps valatils, tels que l'éther, renfermés dans des tubes étroits pour éviter un trop fort abaissement de température à la surface libre du liquide.

M. Stefan a reconnu :

1° Que la quantité de liquide vaporisé dans un temps donné est inversément proportionnelle à la distance qui sépare sa surface de l'extrémité ouverte du tube.

2° Que la vitesse avec laquelle s'accomplit la vaporisation est indépendante du diamètre du tube, dans les limites du moins où a été faite l'expérience, soit avec des tubes variant de $0^{mm},3$ à 8^{mm} de diamètre.

3° Que la rapidité de la vaporisation augmente avec la température en temps que celle-ci fait croître la tension de la vapeur.

Si on appelle p le maximum de tension de la vapeur pour la température à laquelle on observe, P la pression atmosphérique sous laquelle s'accomplit la vaporisation, la vitesse de vaporisation sera proportionnelle au logarithme de $\frac{P}{P-p}$. Lorsque la tension de la vapeur égale la pression atmosphérique, ce logarithme devient infiniment grand, exprimant que le liquide entre en ébullition.

M. Stefan a exécuté également des expériences sur la vaporisation en tubes fermés.

Si l'on plonge dans l'éther, par son extrémité ouverte, un tube fermé à un bout et ouvert à l'autre, on voit s'en échapper continuellement des bulles qui résultent de la vaporisation dans l'intérieur du tube.

Le nombre de ces bulles est quatre fois plus grand dans un temps donné lorsque le tube est rempli d'hydrogène que lorsqu'il est plein d'air. La vaporisation s'accomplit donc quatre fois plus vite dans l'hydrogène que dans l'air.

L'auteur a étudié la vaporisation de différents gaz avec des tubes en forme de T ; la surface de séparation du li-

quide et du gaz se trouvant dans la branche verticale, un courant continu d'un gaz quelconque circulait dans la branche horizontale.

Si l'on plonge dans l'éther un tube ouvert aux deux bouts, et qu'on ferme ensuite l'extrémité émergeante, le niveau, d'abord égal en dedans et en dehors, s'abaisse graduellement dans l'intérieur du tube. Au début l'abaissement dans un temps donné, au-dessous du niveau primitif, est proportionnel à la racine carrée de ce temps.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

Prof. Ch. Contejean. Éléments de géologie et de paléontologie.

Sous ce titre, M. Contejean, professeur à la Faculté des Sciences de Poitiers, déjà connu par d'autres ouvrages et en particulier par une belle étude monographique sur le terrain kimméridien de Montbéliard, vient de publier un livre substantiel qui prendra sa place dans la bibliothèque de tous ceux qui désirent acquérir quelque connaissance de la géologie, comme aussi de ceux qui, ayant fait de cette science une étude plus spéciale, ont toujours besoin d'avoir sous la main un bon manuel à consulter. Sans avoir la prétention d'être un vrai manuel, l'ouvrage de M. Contejean est cependant relativement très-complet dans certaines parties. La seconde, par exemple, la description physique du globe, est traitée avec détail et renferme un grand nombre de notions fort intéressantes; il en est de même de la troisième partie qui a pour objet l'étude des phénomènes actuels, phénomènes atmosphériques, phénomènes aquatiques, glace, eau, phénomènes terrestres, organiques, cosmiques. On y trouve un grand nombre de faits, d'observations, qui seront souvent d'une grande utilité pour expliquer et bien comprendre les phénomènes géologiques. Ces notions préliminaires forment

la moitié du volume. La géologie proprement dite doit se contenter de l'autre moitié, et il me semble que cette proportion est un peu faible, et que souvent quelques développements n'eussent pas été inutiles. L'étude et la classification des roches sont traitées brièvement. Quelques chapitres sont ensuite consacrés à des données générales sur les terrains primordiaux, sur les terrains sédimentaires, sur les terrains éruptifs, le métamorphisme et les mouvements du sol ; au milieu viennent se placer naturellement l'énoncé et la discussion de diverses théories importantes. L'auteur croit à l'existence de l'espèce, avec beaucoup de raison selon moi ; il n'est pas favorable à la théorie du transformisme. Quant à la question de déterminer quel est le sol primordial, le substratum des couches qui forment l'écorce du globe, M. Contejean, n'acceptant pas l'opinion de Werner qui attribuait ce rôle au granit, penche plutôt pour la théorie de Cordier, d'après laquelle ce seraient les schistes cristallins que l'on pourrait nommer les plus anciennes roches du globe. Je n'ai pas trouvé citée la théorie de M. A. Favre, qui me paraît la plus rationnelle, et qui admet que la lave aurait composé ce sol primordial sur lequel on a tant discuté : ce serait à la désagrégation de la lave primitive qu'il faudrait attribuer la formation du granit et de la protogine, par sédimentation, dans des eaux à une haute température et sous une forte pression. M. Contejean attribue bien aussi au granit une origine *hydrothermale*, mais sa manière de voir n'est pas très-clairement exposée. La théorie orogénique de M. E. de Beaumont, d'après laquelle l'orientation des montagnes obéit à des lois d'une rigueur mathématique, et dont les lignes forment le fameux réseau pentagonal, est longuement discutée et complétement démolie. M. Contejean passe ensuite à l'étude des diverses époques géologiques en donnant quelques notions sur leur faune et leur flore. Ici l'auteur me paraît être allé un peu trop vite en besogne, et, même dans un livre élémentaire,

c'est vraiment trop peu de consacrer vingt-quatre pages à l'étude du terrain silurien, par exemple, et dix-sept pages seulement à celle du terrain tertiaire. M. Contejean est convaincu que c'est pendant cette dernière époque que l'homme a fait sa première apparition, parce que l'examen auquel il s'est livré des silex de Pontlevoy les lui fait envisager comme certainement taillés et usagés. Abordant en terminant quelques considérations sur les divers phénomènes climatériques que l'on peut observer pendant les périodes géologiques, l'auteur attribue une influence considérable à l'excentricité de l'ellipse pendant de certaines époques ; elle serait presque nulle aujourd'hui, mais augmenterait peu à peu, et le globe traverserait à l'avenir une série de périodes diluviennes et ordinaires jusqu'à ce que, les mers et l'atmosphère disparaissant, il passe à l'état de lune.

Les quelques mots qui viennent d'être dits peuvent donner une idée de l'importance du livre de M. Contejean. Ajoutons encore que l'ouvrage est illustré par 467 gravures dans le texte, et que de bonnes tables facilitent considérablement les recherches.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'AVRIL 1874.

Le 3, très-fort vent du SSO. dans l'après-midi et dans la nuit du 3 au 4.
4, il a neigé jusqu'au pied de toutes les montagnes des environs.
6, assez forte bise du 6 à midi au 7 dans l'après-midi.
8, forte rosée le matin.
10, gelée blanche le matin.
13, il a neigé sur toutes les montagnes des environs.
17, forte rosée le matin.
19, 20 et 21, rosée le matin.
22, à $7^1/_4$ h. soir éclairs et tonnerres au Sud, l'orage passe ensuite à l'Est; depuis 8 h. du soir, pendant toute la soirée, éclairs et tonnerres de tous les côtés de l'horizon.
24 et 25, forte rosée le matin.
26 et 27, rosée le matin.
28 et 29, forte bise, surtout le 28.
30, faible gelée blanche le matin, minimum $+ 0^0,4$.

La vérification du zéro de l'échelle du limnimètre a été faite le 10 et le 30 de ce mois de la manière indiquée dans les cahiers précédents ; le 10, à 11 h. du matin, le zéro de l'échelle correspondant à — $2^m,841$ au-dessous du repère de la pierre du Niton, et le 30, à $4^1/_2$ h. après midi, à — $2^m,845$ au-dessous de ce repère. Ces chiffres sont d'accord avec les déterminations antérieures.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM

	mm
Le 1er à 10 h. matin	733,99
4 à 10 h. matin	723,64
5 à 10 h. soir	521,61
7 à 10 h. soir	726,21
13 à 10 h. matin	719,18
19 à 8 h. matin	731,09
23 à 8 h. matin	731,79
29 à 8 h. matin	528,14

MINIMUM.

	mm
Le 3 à 4 h. après midi	716,42
5 à 8 h. et 10 h. matin	718,88
6 à midi	719,58
11 à 10 h. soir	705,60
14 à 2 h. après midi	709,95
21 à 6 h. soir	727,21
28 à 4 h. après midi	725,33

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minim.	Fract. de saturation en millièmes. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o	o	cm
1	733,37	+ 8,97	+10,39	+ 3,63	+ 6,9	+16,0	5,32	+0,16	607	—116	310	790	3,6	7	variable	0,46	8,6	+ 1,3	66,8
2	729,07	+ 4,67	+ 9,98	+ 3,08	+ 2,0	+17,4	3,95	—1,26	486	—236	200	800	...	...	variable	0,76	8,4	+ 1,0	68,0
3	719,20	— 5,20	+16,95	+ 9,92	+ 8,9	+24,3	4,69	—0,57	379	—342	190	460	...	...	SSO. 3	0,44	9,0	+ 1,5	67,2
4	722,95	— 1,45	+ 5,35	— 1,82	+ 5,0	+ 7,5	6,04	+0,73	929	+208	840	950	19,1	12	variable	0,98	7,4	— 0,1	67,0
5	719,36	— 5,05	+ 3,88	— 3,42	+ 4,0	+ 6,2	5,83	+0,48	978	+258	910	1000	15,5	19	calme	1,00	—	—	66,0
6	720,08	— 4,33	+ 6,23	— 1,21	+ 2,5	+ 9,9	5,11	—0,29	739	+ 20	490	960	...	...	NNE. 2	0,52	7,6	— 0,1	74,3
7	725,62	+ 1,21	+ 8,03	+ 0,46	+ 3,4	+13,0	4,86	—0,59	631	— 87	300	770	..	...	NNE. 2	0,46	7,9	+ 0,1	74,0
8	724,29	— 0,12	+ 7,30	— 0,41	+ 2,8	+12,1	5,07	—0,43	684	— 34	490	880	...	...	N. 1	0,78	8,3	+ 0,4	73,5
9	722,28	— 2,14	+ 7,12	— 0,73	+ 5,2	+10,6	4,72	—0,83	655	— 62	360	820	...	...	N. 1	0,66	8,0	+ 0,1	77,0
10	716,02	— 8,40	+ 6,81	— 1,18	— 0,4	+13,8	5,07	—0,53	698	— 18	460	940	0,1	1	SSO. 1	0,60	8,7	+ 0,7	75,4
11	709,69	—14,73	+ 7,57	— 0,56	+ 5,1	+12,5	6,02	+0,37	788	+ 73	580	890	2,0	5	N. 1	0,71	8,5	+ 0,4	77,8
12	708,68	—15,74	+10,71	+ 2,44	+ 4,8	+17,0	6,07	+0,38	656	— 58	330	970	...	...	N. 1	0,92	—	—	76,0
13	717,56	— 6,86	+10,38	+ 1,97	+ 7,3	+15,0	6,66	+0,92	723	+ 9	550	840	1,2	3	SSO. 2	0,90	8,9	+ 0,6	75,2
14	710,80	—13,63	+ 6,78	— 1,77	+ 4,9	+ 9,3	5,49	—0,30	764	+ 51	590	850	...	..	NNE. 1	1,00	8,5	+ 0,1	74,0
15	716,48	— 7,95	+ 8,40	— 0,29	+ 5,8	+12,0	6,80	+0,96	837	+125	680	910	2,6	5	NNE. 1	0,82	8,5	+ 0,1	78,0
16	722,42	— 2,03	+ 8,47	— 0,35	+ 5,3	+12,8	8,16	+2,26	959	+247	890	960	3,0	8	N. 1	1,00	8,4	— 0,1	77,8
17	727,87	+ 3,40	+10,87	+ 1,91	+ 4,4	+16,5	6,31	+0,34	668	— 44	480	1000	...	...	variable	0,62	8,7	+ 0,1	81,8
18	730,17	+ 5,68	+11,31	+ 2,21	+ 9,8	+15,2	6,41	+0,38	670	— 42	460	740	...	...	N. 1	0,76	9,3	+ 0,6	81,8
19	730,34	+ 5,84	+11,87	+ 2,63	+ 4,9	+18,4	6,22	+0,12	629	— 83	370	940	...	...	N. 1	0,01	—	—	81,8
20	729,49	+ 4,97	+12,07	+ 2,69	+ 5,0	+18,8	7,52	+1,36	713	+ 1	520	880	...	...	N. 1	0,00	11,3	+ 2,4	84,0
21	728,57	+ 4,03	+14,94	+ 5,41	+ 6,9	+21,2	7,04	+0,81	585	—127	300	890	...	...	N. 1	0,08	12,0	+ 3,0	84,0
22	729,65	+ 5,09	+15,85	+ 6,18	+ 9,4	+22,0	7,87	+1,58	617	— 95	370	880	9,8	4	N. 1	0,52	12,5	+ 3,4	83,5
23	730,65	+ 6,07	+15,22	+ 5,41	+ 9,3	+21,4	7,95	+1,59	650	— 62	340	900	2,0	2	variable	0,51	13,0	+ 3,8	86,9
24	729,72	+ 5,12	+14,60	+ 4,65	+ 8,1	+21,1	7,95	+1,53	665	— 47	360	900	1,2	2	N. 1	0,34	12,1	+ 2,8	88,5
25	729,05	+ 4,43	+14,89	+ 4,80	+ 8,5	+20,8	8,13	+1,64	667	— 45	400	950	...	...	N. 1	0,06	12,0	+ 2,6	92,0
26	729,33	+ 4,69	+15,59	+ 5,35	+ 9,0	+22,7	8,86	+2,31	685	— 27	430	900	0,2	1	variable	0,23	—	—	90,3
27	728,99	+ 4,34	+16,01	+ 5,63	+ 8,7	+23,0	7,59	+0,97	588	—124	320	890	...	...	NNE. 1	0,07	14,0	+ 4,4	92,6
28	726,51	+ 1,84	+13,83	+ 3,31	+ 9,2	+19,1	5,94	—0,74	535	—177	320	670	...	...	NNE. 3	0,14	14,4	+ 4,8	96,7
29	727,26	+ 2,57	+ 8,07	— 2,59	+ 4,1	+13,0	3,46	—3,29	483	—229	280	560	...	...	NNE. 2	0,01	13,4	+ 3,7	97,0
30	724,85	+ 0,14	+10,01	— 0,80	+ 0,4	+18,4	4,17	—2,64	492	—220	200	750	...	...	variable	0,00	13,2	+ 3,4	97,7

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1874.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	723,91	723,99	723,83	723,20	722,50	722,28	722,59	722,87	722,84
2e »	720,36	720,74	720,76	720,39	720,00	719,82	720 12	720,79	721,17
3e »	729,46	729,50	729,22	728,56	727,71	727,24	727,26	727,99	728,41
Mois	724,57	724,74	724,60	724,05	723,40	723,11	723,33	723,89	724,14
Température.									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+ 5,17	+ 7,21	+ 8,59	+10,71	+11,99	+11,57	+10,54	+ 8,99	+ 7,95
2e »	+ 6,38	+ 9.15	+10,70	+12,08	+13,43	+13,31	+11,94	+10,83	+ 9,95
3e »	+ 8,78	+ 2,44	+14,52	+16,59	+18,68	+19,34	+18,18	+15,22	+12,79
Mois	+ 6,77	+ 9,60	+11,27	+13,13	+14,70	+14,74	+13,55	+11,68	+10,23
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	5,24	5,55	5,46	4,83	4,55	4,90	5,02	5,32	5,17
2e »	6,32	6,73	6,44	6,42	6,49	6,79	6,56	6,91	6,90
3e »	7,19	7,65	7,23	6,85	6,44	6,12	6,53	7,34	7,15
Mois	6,25	6,64	6,38	6,03	5,83	5,94	6,04	6,52	6,41
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	803	756	689	546	483	530	557	647	674
2e »	881	777	677	622	579	605	639	718	763
3e »	829	683	572	480	396	361	412	562	634
Mois	838	739	646	549	486	499	536	642	690

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	°	°		°	mm	cm
1re décade	+ 4,03	+13,08	0,67	+ 8,21	38,3	70,92
2e »	+ 5,73	+14,75	0,67	+ 9,01	8,8	78,82
3e »	+ 7,36	+20,27	0,20	+12,96	13,2	90,92
Mois	+ 5,71	+16,03	0,51	+10,10	60,3	83,55

Dans ce mois, l'air a été calme 6,3 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,99 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 2,0 E., et son intensité est égale à 36,67 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'AVRIL 1874.

Le 1er, brouillard pendant quelques heures de la matinée.
4 et 5, brouillard et neige tout le jour.
6, brouillard tout le jour.
7, 8 et 9, brouillard une partie de la journée.
10, clair le matin, neige l'après-midi.
11, brouillard et neige tout le jour; une partie de la neige, emportée par un vent violent du SO., n'a pas pu être recueillie.
12, brouillard et neige presque tout le jour.
13, clair le matin, brouillard le soir.
14, brouillard et neige; une partie de la neige, emportée par un fort vent du NE., n'a pas pu être recueillie.
15, brouillard le soir.
16, brouillard le matin, neige le soir.
17, brouillard le matin et le soir.
18, brouillard le soir.
19 et 20, ciel parfaitement clair.
29 et 30, idem.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 7 à 10 h. soir	560,91	Le 6 à 6 h. matin	554,23
13 à 10 h. matin	556,94	11 à 8 h. soir	547,98
22 à 10 h. soir	569,75	14 à 8 h. matin	547,82
		30 à midi	561,46

SAINT-BERNARD. — AVRIL 1874.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim			
1	567,21	+ 6,86	566,40	568,01	— 4,04	+ 1,44	— 4,9	— 1,7	.....	.....	....	NE. 1	0,40
2	566,13	+ 5,73	565,42	566,76	+ 0,11	+ 5,47	— 5,1	+ 3,9	.....	.....	....	NE. 1	0,58
3	562,19	+ 1,73	561,21	563,52	+ 0,18	+ 5,42	— 1,2	+ 3,4	.....	.....	....	SO. 1	0,24
4	557,85	— 2,67	557,12	558,73	— 3,70	+ 1,42	— 5,9	+ 2,5	105	12,4.	....	SO. 1	0,91
5	555,22	— 5,36	554,53	556,11	— 4,60	+ 0,39	— 8,7	+ 4,4	100	11,5.	....	SO. 1	1,00
6	555,68	— 4,96	554,23	558,22	— 7,31	— 2,45	— 8,5	— 4,9	.....	.....	....	NE. 1	1,00
7	560,35	— 0,36	559,13	560,91	— 6,66	— 1,92	— 8,6	— 2,7	.....	.....	....	NE. 1	0,74
8	558,74	— 2,04	558,31	559,13	— 6,68	— 2,07	—10,9	— 2,5	.....	.....	....	NE. 1	0,82
9	556,53	— 4,32	556,22	557,16	— 7,18	— 2,70	— 8,6	— 4,2	.....	.....	....	NE. 1	0,99
10	553,96	— 6,96	553,67	554,24	— 3,57	+ 0,78	—10,0	+ 4,1	45	3,5.	....	SO. 1	0,46
11	549,58	—11,41	547,98	552,53	— 5,59	— 1,37	— 5,4	— 3,8	70	6,8.	....	SO. 2	1,00
12	551,36	— 9,70	548,10	555,05	— 5,06	— 0,97	— 6,1	— 3,1	65	5,5.	....	SO. 1	0,94
13	555,30	— 5,84	552,66	556,94	— 2,68	+ 1,28	— 6,5	+ 0,1	.....	.....	....	SO. 1	0,66
14	548,48	— 2,74	547,82	549,80	— 5,24	— 1,41	— 7,7	— 2,0	50	4,4.	....	NE. 1	0,93
15	555,41	— 5,89	551,64	558,23	— 2,35	+ 1,34	— 3,2	— 0,1	.....	.....	....	SO. 1	0,74
16	559,27	— 2,11	558,49	560,40	— 2,33	+ 1,22	— 3,2	+ 1,2	60	5,0.	....	NE. 1	0,97
17	563,55	+ 2,09	561,43	565,28	— 1,47	+ 1,94	— 3,8	+ 2,3	.....	.....	....	NE. 1	0,79
18	565,68	+ 4,14	565,14	566,60	— 0,97	+ 2,30	— 3,3	+ 3,5	.....	.....	....	NE. 1	0,51
19	567,31	+ 5,69	566,09	568,36	+ 1,39	+ 4,52	— 3,4	+ 4,8	.....	.....	....	NE. 1	0,01
20	568,29	+ 6,58	568,03	568,51	+ 3,53	+ 6,52	— 1,7	+10,0	.....	.....	....	SO. 1	0,00
21	568,23	+ 6,43	567,79	568,98	+ 2,96	+ 5,81	— 0,6	+ 8,2	.....	.....	....	SO. 1	0,17
22	569,23	+ 7,34	569,01	569,75	+ 2,64	+ 5,35	+ 0,7	+ 4,8	.....	.....	....	SO. 1	0,15
23	569,02	+ 7,04	568,70	569,36	+ 2,70	+ 5,27	— 0,5	+ 8,0	.....	.....	....	NE. 1	0,46
24	568,68	+ 6,61	568,44	569,25	+ 3,55	+ 5,98	+ 0,1	+10,2	.....	.....	....	NE. 1	0,69
25	568,74	+ 6,58	568,42	569,29	+ 4,33	+ 6,62	+ 2,0	+ 9,6	.....	.....	....	calme	0,08
26	568,96	+ 6,71	568,59	569,40	+ 3,70	+ 5,84	+ 1,2	+ 7,4	.....	.....	....	NE. 1	0,44
27	567,92	+ 5,58	567,41	568,82	+ 3,42	+ 5,41	+ 1,2	+ 6,8	.....	.....	....	NE. 2	0,43
28	564,10	+ 1,67	563,11	565,23	— 0,15	+ 1,70	— 4,7	+ 3,4	.....	.....	....	NE. 3	0,22
29	562,26	— 0,26	561,73	562,99	— 3,99	— 2,28	— 6,7	0,0	....	.....	....	NE. 2	0,00
30	561,57	— 1,05	561,46	561,74	— 1,95	— 0,38	— 4,8	+ 1,4	.....	.....	....	NE. 2	0,03

* Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1874.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	559,52	559,37	559,44	559,40	559,30	559,28	559,34	559,49	559,57
2e »	557,59	557,84	558,13	558,33	558,57	558,58	558,70	559,08	559,22
3e »	566 95	566,97	567,01	566,94	566,85	566,76	566,69	566,90	567,01
Mois	561,35	561,39	561,53	561,56	561,58	561,54	561,58	561,82	561,94
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 6,60	— 4,68	— 3,09	— 1,09	— 1,31	— 0,98	— 4,01	— 4,76	— 5,57
2e »	— 4,25	— 2,38	— 0,68	+ 0,10	+ 0,67	+ 0,25	— 0,61	— 2,08	— 2,69
3e »	— 0,76	+ 1,70	+ 3,05	+ 4,32	+ 5,08	+ 5,52	+ 3,14	+ 0,59	— 0,20
Mois	— 3,87	— 1,79	— 0,24	+ 1,11	+ 1,48	+ 1,60	— 0,49	— 2,08	— 2,79

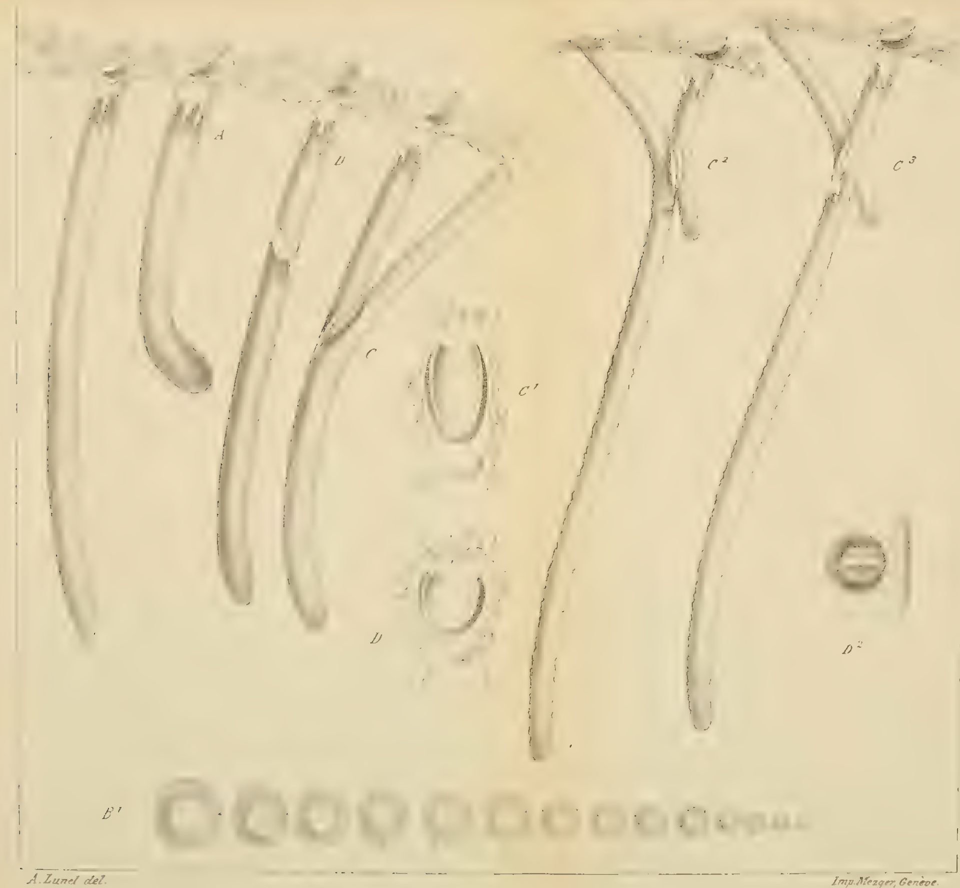
	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 7,24	+ 0,23	0,71	27,4	250
2e »	— 4,43	+ 1,29	0,66	21,7	245
3e »	— 1,16	+ 5,98	0,27	—	—
Mois	— 4,28	+ 2,50	0,54	49,1	495

Dans ce mois, l'air a été calme 7 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,33 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45 E., et son intensité est égale à 46,3 sur 100.

* Voir la note du tableau.



A. Lunel del.
Imp. Mezger, Genève.

RECHERCHES

SUR LA

DIFFUSION SIMULTANÉE DE QUELQUES SELS

PAR

M. C. MARIGNAC.

Dans son mémoire classique sur la diffusion [1], Graham ne s'est occupé qu'incidemment de celle des mélanges salins. De quelques essais tentés sur des mélanges de deux sels non susceptibles de se combiner, il conclut que le « moins soluble des deux sels paraît, dans tous les cas, subir une diminution de diffusibilité. » Ses essais sur la diffusion des sels doubles ont été moins nombreux encore. Il a constaté que le bisulfate de potasse et l'alun se décomposent par la diffusion, l'acide sulfurique, dans le premier cas, et le sulfate de potasse, dans le second, se diffusant dans une proportion plus grande que celle pour laquelle ils entrent dans la composition du composé primitif. Pour le sulfate double de potasse et de magnésie, la diffusion aurait lieu comme si les deux sels étaient séparés; cependant son expérience n'est pas concluante à cet égard, car il s'est borné à constater que le poids du sel double diffusé était égal à la somme des poids des deux sels diffusés séparément dans des conditions analogues, sans constater si les proportions relatives des deux sels étaient bien restées les mêmes.

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 3me série, tome XXIX.

Ces expériences sont trop peu nombreuses pour que l'on puisse en tirer aucune conséquence générale. Je ne connais pas d'autre travail entrepris sur ce sujet.

J'ai fait un grand nombre d'expériences sur la diffusion simultanée de deux sels contenus dans une même dissolution, en me bornant toutefois, pour ne pas trop compliquer la question, à des mélanges de sels non susceptibles de se décomposer réciproquement, c'est-à-dire de sels d'une même base ou d'un même acide. J'avais un double but en commençant ces expériences.

La comparaison de la diffusion simultanée de deux sels susceptibles de former un sel double et de ceux qui ne jouissent pas de cette propriété pouvait jeter quelque jour sur la question souvent controversée de l'existence des sels doubles en dissolution. Sous ce rapport mes expériences me semblent indiquer qu'il n'y a aucune différence dans la manière dont se comportent les dissolutions des sels doubles et celles des mélanges de sels non susceptibles de se combiner, d'où résulterait la confirmation de l'opinion, qui semble déjà autorisée par les recherches thermiques, que les sels doubles ne prennent naissance qu'au moment où ils se forment par la cristallisation de leurs dissolutions.

J'espérais aussi que ces recherches pourraient peut-être faire découvrir une relation entre la diffusibilité simultanée de deux sels et leurs coefficients respectifs de diffusibilité, et par conséquent fournir un moyen de déterminer ceux-ci avec plus de précision qu'on ne peut le faire par des expériences directes. Celles-ci, en effet, présentent de très-grandes difficultés. Quelque soin que l'on prenne pour comparer la différence de deux sels dans des appareils semblables et dans des conditions identiques, il est

presque impossible d'écarter toutes les causes d'erreur résultant, soit d'une variation accidentelle de température, soit du mode de remplissage des appareils ou d'une agitation un peu différente, qui peuvent faire que le rapport des quantités de sels diffusées en même temps dans deux appareils voisins ne dépendent pas uniquement du rapport de leurs coefficients de diffusibilité. Or, toutes ces causes d'erreur sont écartées quand les deux sels sont réunis dans la même dissolution. Malheureusement mes expériences, à ce point de vue, ne se sont point réalisées, et il m'a été impossible de saisir une loi générale dans les phénomènes que j'ai observés, à moins que l'on ne veuille considérer comme telle le fait qui me paraît constant, que le mélange de deux sels diminue toujours la diffusibilité du moins diffusible des deux.

Il me semble cependant qu'il ne sera pas tout à fait inutile de consigner ici les résultats de ces longues et laborieuses recherches.

Mode d'expérimentation.

J'ai procédé, dans mes expériences, exactement de la même manière que Graham. Les dissolutions étaient contenues dans des flacons à large ouverture qu'elles remplissaient jusqu'à environ deux centimètres au-dessous de l'orifice. On achevait de les remplir avec de l'eau distillée versée avec la plus grande précaution avec une pipette effilée de manière à éviter autant que possible le mélange des liquides. Ces flacons étaient introduits dans des bocaux d'une capacité environ dix fois plus grande que l'on remplissait d'eau en évitant aussi toute agitation. La grandeur des appareils variait avec le degré de dilution des liqueurs de manière à avoir environ $2^{gr},5$ de chaque

sel dans le vase intérieur. La durée de chaque expérience variait aussi avec la concentration des dissolutions et le pouvoir diffusif des substances essayées, de manière à obtenir une quantité de sels diffusés convenable pour l'analyse ; cette durée a varié de quatre jours à quatre ou cinq semaines.

Je n'ai pas pris de précaution particulière pour maintenir une température constante. Les variations n'étaient pas considérables et leur influence devait être annulée par le fait qu'elles s'exerçaient simultanément sur les deux sels dont on comparait la diffusion puisqu'ils étaient contenus dans la même dissolution.

L'expérience terminée, on retirait le flacon intérieur avec précaution, puis on déterminait les quantités des deux sels contenues dans l'eau extérieure. Le plus souvent je dosais le poids total des sels diffusés en évaporant à siccité la liqueur, puis je déterminais dans le résidu le poids du sel dont le dosage pouvait se faire avec le plus de précision. Je ne donnerai pas, du reste, le détail de ces analyses qui, en raison de leur grand nombre, allongerait outre mesure ce mémoire.

Calcul des expériences.

Lorsqu'on cherche à déterminer le rapport de diffusibilité de deux sels, le calcul des résultats de l'expérience présente une grande difficulté. En effet, les quantités de sels diffusées dépendent des proportions de ces sels contenues dans le liquide soumis à la diffusion, lesquelles varient pendant toute la durée de l'expérience. Peu importe, d'ailleurs, qu'ils soient réunis dans le même liquide, ou contenus dans deux dissolutions séparées que l'on fait diffuser dans deux appareils semblables. Il en ré-

sulte que le rapport des quantités de sels diffusées varie avec la durée de l'expérience; il tendrait nécessairement à se rapprocher de plus en plus de l'unité si l'expérience était indéfiniment prolongée. Les expériences de Graham, confirmées par celles de Beilstein[1] montrent que la diffusion est sensiblement, peut-être exactement, proportionnelle à la quantité de sel contenue dans le liquide. Mais pour tirer de ce principe une formule mathématique rigoureuse pour le calcul des résultats de l'expérience, il faudrait tenir compte de la forme des vases, connaître la loi de variation des densités des diverses couches liquides et, pour le cas de la diffusion simultanée de deux sels, connaître l'influence réciproque qu'ils exercent l'un sur l'autre suivant leurs proportions relatives, c'est-à-dire précisément l'objet que l'on recherche.

Mais à défaut d'une formule théorique rigoureuse, on peut chercher quelque formule empirique remplissant cette condition que le rapport des coefficients de diffusibilité reste sensiblement le même lorsqu'on fait varier dans des limites assez étendues la durée des expériences. Dans la recherche d'une pareille formule on peut être guidé par les considérations suivantes :

Soient A et A′ les quantités des deux sels contenus dans le vase à diffusion au début de l'expérience, K et K' leurs coefficients respectifs de diffusibilité, p et p' les quantités diffusées au bout d'un temps t. Si l'on suppose que la composition du liquide soumis à la diffusion demeure uniforme dans toute sa masse et que la diffusion se fasse toujours dans de l'eau pure, on aurait à chaque instant :

$$dp = \mathrm{K}(\mathrm{A}-p)\,dt; \quad dp' = \mathrm{K}'(\mathrm{A}'-p')\,dt.$$

[1] *Annalen der Chemie und Pharmacie*, tome XCIX, p. 165.

L'intégration de ces équations différentielles donne :

$$Kt = lA - l(A-p)\,; \quad K't = lA' - l(A'-p'),$$

d'où

$$\frac{K}{K'} = \frac{lA - l(A-p)}{lA' - l(A'-p')} \qquad (1)$$

Cette formule ne diffère pas au fond de celle qu'a employée M. Beilstein dans le calcul de ses expériences sur la diffusion de quelques sels. Il a pu le faire parce que la disposition de ses appareils lui permettait de réaliser, sinon complétement, du moins approximativement les deux conditions admises plus haut par hypothèse.

Il n'en était évidemment pas ainsi dans mes expériences.

La diffusion des sels contenus dans le flacon intérieur n'ayant lieu que par la tranche de l'orifice supérieur, les couches liquides les plus directement soumises à la diffusion devaient subir une diminution de densité bien plus grande que celle qui aurait eu lieu si la composition de la masse liquide avait pu rester uniforme. La nécessité de prolonger les expériences assez longtemps pour pouvoir analyser les sels diffusés fait aussi que l'on ne peut pas considérer la diffusion comme se faisant toujours dans l'eau pure. Pour ces deux motifs la correction apportée par l'emploi de la formule (1) devait être insuffisante.

Pour tenir compte de ces circonstances j'ai supposé que la diffusion de chaque sel allait en se ralentissant non en raison de la quantité p de chaque sel diffusé, mais en raison du double de cette quantité ; c'est-à-dire que j'ai essayé la formule :

$$\frac{K}{K'} = \frac{lA - lA - 2p)}{lA' - lA - 2p')} \qquad (2)$$

Or, en appliquant cette formule au calcul de plusieurs expériences dans lesquelles je soumettais le même mélange salin à la diffusion pendant des temps assez différents, j'ai trouvé qu'elle satisfaisait assez approximativement à la condition cherchée, savoir que le rapport des coefficients de diffusibilité fût indépendant de la durée de l'expérience.

On en jugera par le tableau suivant, dans lequel les trois dernières colonnes indiquent le rapport direct des quantités des deux sels diffusées, et la valeur des coefficients de diffusibilité calculée par les formules de correction (1) et (2).

Dans toutes ces expériences les deux sels étaient mélangés à poids égaux.

Sels.	Poids de chaque sel.	Poids de l'eau.	Durée en jours.	Sels diffusés.	Rapport direct.	Rapport corrigé (1)	Rapport corrigé (2)
K Cl, Ba Cl²	4g,67	31g	4	0,4808 / 0,2047	0,426	0,413	0,398
	»	»	5	0,6165 / 0,2712	0,439	0,422	0,403
	»	»	7	0,9115 / 0,4260	0,467	0,440	0,407
	»	»	10	1,2704 / 0,6406	0,504	0,465	0,408
K^2O,Az^2O^5, BaO,Az^2O^5	2,5	50	8	0,4296 / 0,1994	0,464	0,441	0,413
	2,7	54	14	0,7775 / 0,4055	0,521	0,479	0,416
Na Cl, Ba Cl²	4,6	38,3	5	0,5433 / 0,3747	0,689	0,676	0,660
	»	»	8	0,9234 / 0,6656	0,721	0,698	0,665
K Cl, K^2O,SO^3	2,5	50	7	0,3836 / 0,1764	0,460	0,439	0,415
	1,7	34	8	0,362 / 0,179	0,494	0,465	0,426
	1,8	36	10	0,585 / 0,314	0,537	0,488	0,409

Sels.	Poids de chaque sel.	Poids de l'eau.	Durée en jours.	Sels diffusés.	Rapport direct.	Rapport corrigé (1)	Rapport corrigé (2)
K Cl / K^2O,SO^3	1,7	34	11	0,5509 0,3061	0,556	0,513	0,427
	2,7	54	12	0,7725 0,4015	0,519	0,478	0,415
K Cl / K^2O,SO^3	2,6	104	11	0,4222 0,2228	0,528	0,506	0,478
	2,6	104	15	0,6076 0,3364	0,553	0,522	0,475
H Cl / K Cl	2,6	52	4	0,4968 0,1150	0,232	0,213	0,192
	2,6	52	6	0,782 0,212	0,271	0,238	0,193

Ces exemples montrent que la formule (1) ne tient pas compte d'une manière suffisante du ralentissement de la diffusion du sel le plus diffusible, résultant de la diminution de la proportion relative de ce sel dans le mélange à mesure que l'expérience se prolonge, tandis que les résultats calculés avec la formule (2) présentent un accord satisfaisant. Aussi est-ce la seule dont je me sois servi pour le calcul de toutes mes expériences. Il est d'ailleurs évident qu'elle cesserait d'être applicable si on les prolongeait de telle sorte que la proportion des sels diffusés dépassât les limites pour lesquelles les essais précédents prouvent que cette formule est encore convenable.

On pourrait diminuer l'importance de cette correction et par suite l'erreur qui peut résulter de ce qu'elle n'est pas rigoureuse, en réduisant beaucoup la durée de la diffusion. Mais alors on augmenterait beaucoup une autre cause d'erreur dont l'influence me semble encore plus grande, celle qui résulte de ce que, malgré toutes les précautions, il est impossible d'éviter d'une manière absolue qu'au début de l'expérience, et à la fin lorsqu'on

retire le flacon intérieur, l'agitation ne détermine quelque mélange des couches liquides les plus voisines de l'orifice du flacon.

Influence des proportions relatives des sels mélangés.

Au début de mes expériences, j'avais à choisir si je mélangerais les sels dont je voulais comparer la diffusion en proportions équivalentes ou à poids égaux. Je me suis décidé pour la seconde alternative, après avoir constaté par l'expérience que les deux systèmes d'expérience ne donneraient pas des résultats très-différents.

Ils devraient être identiques si la diffusion de chaque sel était toujours proportionnelle à la quantité de ce sel contenue dans la dissolution soumise à la diffusion, comme cela paraît avoir lieu dans la diffusion des sels simples. Dans ce cas, le rapport des poids diffusés obtenus par la diffusion de dissolutions renfermant des poids égaux de divers sels exprimera exactement le rapport des nombres d'équivalents de ces sels qui seraient diffusés dans le même temps si les dissolutions en renfermaient des quantités équivalentes. Mais, en sera-t-il de même pour deux sels contenus dans une même dissolution?

Pour m'en assurer j'ai fait deux séries d'expériences sur la diffusion simultanée du chlorure de sodium et du chlorure de baryum et sur celle du chlorure de sodium et du sulfate de soude, en faisant varier dans des limites assez étendues les proportions des sels mélangés. On rencontre seulement dans l'appréciation des résultats une assez grande difficulté résultant de l'influence de l'état de dilution des dissolutions; cette dilution n'étant pas la même pour les deux sels lorsqu'ils ne sont plus à poids égaux, les conditions des diverses expériences ne sont pas entièrement comparables.

Pour ne pas trop compliquer le tableau du résultat de ces expériences, j'en supprimerai tous les détails et je me bornerai à indiquer :

Le rapport dans lequel les deux sels étaient mélangés;

La proportion des deux sels réunis dans la dissolution pour 100 parties d'eau;

Le coefficient relatif de diffusion simultanée calculé d'après la formule (2), il se rapporte toujours au sel le moins diffusible ($BaCl$ et Na^2O,SO^3), le sel le plus diffusible étant pris pour unité.

Sels.	Rapport des sels.	Poids des sels réunis pour 100 parties d'eau.									
		20	15	12,5	10	7,5	6,25	5	3,75	3,125	2,5
$BaCl^2 : NaCl$	1 : 4	»	»	0,605	»	»	0,621	»	»	»	»
	1 : 2	»	0,629	»	»	0,623	»	»	0,645	»	»
	1 : 1	0,670	»	»	0,654	»	»	0,653	»	»	0,653
	2 : 1	»	0,630	»	»	0,666	»	»	»	»	»
	4 : 1	»	»	0,649	»	»	0,659	»	»	»	»
$Na^2O,SO^3 : NaCl$	1 : 4	»	»	0,329	»	»	0,394	»	»	»	»
	1 : 2	»	0,319	»	»	0,393	»	»	»	»	»
	1 : 1	0,352	»	»	0,366	»	»	0,426	»	»	0,458
	2 : 1	»	»	»	»	0,399	»	»	0,428	»	»
	4 : 1	»	»	»	»	»	0,411	»	0,477	»	»

Le premier groupe d'essais porte sur deux sels pour lesquels le degré de concentration des dissolutions n'exerce pas d'influence sensible sur les rapports de diffusion. Dans ce cas, la comparaison des résultats est plus facile. L'inspection du tableau montre clairement que la diffusion du sel le moins diffusible (chlorure de baryum) éprouve une légère augmentation à mesure que la proportion de ce sel dans le mélange augmente elle-même.

Ce résultat s'explique assez naturellement. Nous verrons plus tard, en effet, que le résultat le plus général de ce travail est de constater que le mélange de deux sels modifie peu la diffusion du sel le plus diffusible, mais diminue notablement celle du moins diffusible. Il est facile de comprendre que cet effet doit être d'autant plus marqué que la proportion du sel le plus diffusible augmente dans le mélange.

La seconde série d'essais porte, au contraire, sur des mélanges de deux sels, dont la diffusion relative varie considérablement avec le degré de concentration des dissolutions. La comparaison des résultats est dans ce cas moins facile, mais cependant elle semble conduire à la même conclusion que celle de la première série.

Mais le résultat le plus important de ces essais est de montrer que des différences très-considérables dans les proportions des sels mélangés n'apportent que des modifications presque insignifiantes, et qui ne dépassent pas de beaucoup les erreurs probables de la méthode expérimentale dans la valeur du coefficient relatif de diffusibilité simultanée, en tenant compte du degré de concentration des dissolutions.

Il est donc indifférent, pour la suite de ces recherches,

d'opérer sur des mélanges à poids égaux ou sur des mélanges en proportions équivalentes. J'ai suivi le premier système comme le plus simple.

Influence du degré de concentration des dissolutions.

J'ai opéré sur des dissolutions présentant des degrés de concentration très-variés. Commençant, quand la solubilité des sels le permettait, sur des liqueurs contenant 10 ou 20 p. de chaque sel pour 100 d'eau, je passais à des dissolutions de plus en plus étendues en doublant toujours la quantité d'eau, de manière à essayer une série de dissolutions renfermant 5, 2,5, 1,25 et 0,625 de chaque sel pour 100 d'eau. L'influence de la dilution sera démontrée par le tableau synoptique dans lequel je résumerai, à la fin de ce mémoire, les résultats de toutes mes expériences. Je signale ici les principales conséquences que l'on peut en tirer.

Cette influence est très-variable et je ne saurais la rattacher à aucun principe général. Trois cas principaux peuvent être distingués :

1° Le coefficient relatif de diffusion simultanée, exprimé toujours par le rapport du sel le moins diffusible au plus diffusible, croît à mesure que la proportion d'eau augmente. Ce cas est le plus fréquent pour les divers mélanges que j'ai étudiés, et surtout pour ceux des sels d'une même base, mais d'acides différents.

2° Il demeure constant, ou ne présente que des variations d'un ordre inférieur à la limite des erreurs d'expérience, erreurs que je crois pouvoir s'élever à 1 ou 2 pour 100. Ce cas se rencontre assez fréquemment pour les sels d'un même acide ; mais cette règle n'est point ab-

solue. Il se présente plus rarement pour des sels de même base, ainsi pour l'azotate de potasse en présence du chromate ou du carbonate.

3° Il diminue à mesure que la proportion d'eau augmente. Ce cas ne paraît pas être très-fréquent, mais je l'ai observé pour les mélanges d'azotates d'argent et de soude, de sulfate et carbonate de potasse, de chromate et carbonate de potasse, de chlorures de potassium et d'ammonium.

Lorsque le changement du degré de concentration des dissolutions fait varier d'une manière notable le coefficient relatif de diffusibilité, cette variation devient d'autant moins grande que les liqueurs sont plus étendues. Ainsi, il y a bien moins de différence entre les dissolutions à 2,5 et 1,25 °/₀, qu'entre les dissolutions à 10 et 5 °/₀. Il en résulte que la valeur du coefficient tend vers une limite déterminée pour des dissolutions de plus en plus étendues.

Pour les premiers mélanges salins que j'ai étudiés, j'ai poussé la dilution jusqu'à la proportion de 0,625 de chaque sel pour 100 d'eau. Ayant constaté que la diffusion de dissolutions aussi étendues ne diffère que très-peu de celle des dissolutions à 1,25 pour 100, je me suis arrêté plus tard à ce dernier degré de dilution. Avec des dissolutions plus étendues, les expériences deviennent fort incommodes par suite de leur extrême longueur; celle-ci entraîne d'ailleurs un inconvénient qui risque d'amener quelque inexactitude dans les résultats en raison d'une altération sensible des vases en verre.

Diffusion simultanée comparée à la diffusion isolée.

Je ne m'étais proposé d'abord que d'étudier la diffusion simultanée de deux sels mélangés, pour en comparer les résultats à ceux obtenus par Graham et Beilstein dans leurs expériences sur la diffusion des sels pris isolément. Mais j'ai reconnu que cette comparaison serait assez difficile et ne conduirait pas le plus souvent à des conclusions suffisamment justifiées, les conditions des expériences n'étant pas toujours entièrement semblables. Il m'a donc fallu, au moins pour quelques sels, comparer, dans des essais faits simultanément et dans des conditions identiques, la diffusion propre des sels et de leur mélange. Cette recherche était surtout nécessaire pour éclaircir un point sur lequel les expériences de Graham ne fournissent aucun renseignement, savoir comment la diffusion propre de chacune des substances est modifiée par le fait de leur présence simultanée dans une même dissolution.

Je n'ai rien changé pour cela à la disposition de mes expériences qui était, comme je l'ai indiqué, celle même qu'avait adoptée Graham. Seulement, j'ai remarqué que, malgré le soin que je prenais de choisir, pour ces expériences simultanées, trois appareils aussi semblables que possible, il y avait toujours quelque légère différence dans l'ouverture des flacons à diffusion, qui ne permettait pas de compter sur l'identité absolue des conditions dans lesquelles se faisait la diffusion. Pour écarter cette cause d'erreur, j'ai dû répéter six fois chaque expérience, de manière à épuiser toutes les combinaisons possibles relativement à la distribution des trois dissolutions dans les trois appareils. Je ne donnerai que la moyenne des résultats obtenus dans chacun de ces six groupes d'essais.

Les sels comparés ont été les suivants :

I. *Chlorure de sodium et sulfate de soude.* Deux appareils renfermaient 3 grammes de chacun de ces sels, le troisième les contenait réunis. Les sels étaient dissous dans 50 grammes d'eau environ, la proportion de celle-ci variant de quelques décigrammes dans chaque flacon et dans chaque expérience, soit par suite de légères différences dans la capacité des flacons, soit par suite de la différence des volumes occupés par les sels à l'état de dissolution ; attendu qu'il était surtout nécessaire que les flacons fussent toujours remplis de dissolutions jusqu'à la même distance de l'orifice.

La diffusion a duré 10 jours.

II. *Chlorure de potassium et chlorure de baryum,* 4 gr. de chaque sel et 35 gr. d'eau. Durée 8 jours.

III. *Chlorure de sodium et chlorure de baryum,* 4 gr. et 36 gr. d'eau : 8 jours.

IV. *Sulfate de potasse et sulfate de magnésie,* 3 gr. et 52gr,3 d'eau : 10 jours.

V. *Sulfate de soude et sulfate de magnésie,* 3 gr. et 54gr,5 d'eau : 10 jours.

Voici les résultats moyens de ces expériences. J'indique les poids des sels diffusés soit séparément, soit simultanément, le rapport r des coefficients de diffusibilité séparés, le coefficient relatif r' de diffusibilité simultanée, l'un et l'autre calculés comme toujours suivant la formule (2), et la proportion $\frac{r'}{r}$ de ces deux rapports. Dans la dernière colonne R exprime les quantités de sels diffusés dans les dissolutions mélangées comparées aux quantités des mêmes sels diffusés isolément.

	Sels diffusés séparés.	Sels diffusés réunis.	r	r'	$\frac{r'}{r}$	R
Na Cl	0,5833	0,6054	1	1	»	1,038
Na^2O,SO^3	0,3770	0,2497	0,590	0,352	0,596	0,662
K Cl	0,8560	0,9276	1	1	»	1,083
$Ba\,Cl^2$	0,5433	0,4424	0,572	0,401	0,701	0,814
Na Cl	0,7142	0,7283	1	1	»	1,019
$Ba\,Cl^2$	0,5673	0,5225	0,757	0,668	0,882	0,921
K^2O,SO^3	0,4745	0,4378	1	1	»	0,901
MgO,SO^3	0,2028	0,1684	0,382	0,345	0,903	0,830
Na^2O,SO^3	0,3757	0,3420	1	1	»	0,910
MgO,SO^3	0,2097	0,1823	0,523	0,502	0,960	0,869

Il est peut-être difficile de vouloir tirer des conséquences générales d'un si petit nombre de faits. Cependant, il semble que l'inspection des rapports $\frac{r'}{r}$ montre que toujours, dans le mélange de deux sels, la différence de leurs diffusibilités propres se trouve augmentée. Ce changement ne paraît point en rapport avec la faculté que peuvent présenter les deux sels à se combiner l'un avec l'autre, car dans les exemples précédents, le mélange des sulfates de potasse et de magnésie, qui seul a une grande tendance à former un sel double, n'occupe aucune des extrémités de la série de ces mélanges rangés dans l'ordre de grandeur du rapport $\frac{r'}{r}$.

L'examen de la colonne R montre que l'effet du mélange de deux sels est surtout de diminuer la diffusion du sel le moins diffusible. Quant au sel le plus diffusible, il subit quelquefois une légère augmentation dans sa diffusibilité, dans d'autres cas elle est, au contraire, diminuée dans une proportion moindre que celle du sel le moins diffusible.

Résultats des essais sur la diffusion simultanée.

J'aurais voulu, pour ne pas trop surcharger ce mémoire de chiffres, ne donner qu'un tableau synoptique des coefficients relatifs de diffusion simultanée des divers mélanges que j'ai examinés. Mais ces coefficients ne pouvant être déduits des résultats directs des observations que par un calcul fondé sur l'emploi d'une formule contestable, et en tout cas simplement approximative, je ne crois pas pouvoir me dispenser de donner les résultats mêmes des observations. Je supprimerai seulement tous les détails relatifs aux analyses, et dans les cas assez nombreux où j'ai répété deux fois les essais sur une même dissolution, j'indiquerai seulement la moyenne des résultats obtenus.

Le tableau I, dans lequel sont consignés tous ces résultats comprend dans ses colonnes successives :

1° La nature des substances mélangées ;

2° La dilution, exprimée par le poids de chacun des deux sels dissous dans 100 parties d'eau ;

3° La durée de la diffusion en jours ;

4° et 5° Le poids de l'eau et celui des sels contenus dans le vase à diffusion ;

6° Le poids des sels diffusés ;

7° Le coefficient de diffusibilité relative, calculé d'après la formule (2).

Dans ce tableau, le sel le moins diffusible est toujours indiqué en premier lieu, et c'est à lui que se rapporte le coefficient calculé, celui du sel le plus diffusible étant pris pour unité.

Dans un second tableau j'ai réuni tous ces résultats

sous une forme plus concise, en indiquant seulement les coefficients de diffusibilité relative correspondant aux divers degrés de dilution des mélanges étudiés. Mais là, pour faciliter la comparaison des séries de mélanges renfermant un même sel comme terme commun, je l'ai toujours mis au second rang, en sorte que les coefficients de diffusibilité, rangés suivant leur grandeur relative, sont les uns plus grands, les autres plus petits que l'unité, suivant que le sel pris comme terme de comparaison est moins ou plus diffusible que celui auquel il est associé. On voit immédiatement par là, par exemple en comparant les deux premières séries de sels de potasse associés, tantôt à l'azotate, tantôt au carbonate, que l'ordre de diffusibilité des divers sels reste toujours le même.

On peut aussi conclure de ce tableau que les divers acides et les diverses bases conservent leur ordre relatif de diffusibilité dans toutes leurs combinaisons.

Je donne dans une colonne spéciale la valeur moyenne des coefficients de diffusibilité relative, pour des dissolutions à 2,5 p. 100, calculés par les résultats obtenus pour les dissolutions à 5, 2,5 et 1,25 p. 100. Ces nombres sont probablement plus comparables entre eux, la moyenne des trois déterminations devant diminuer les écarts accidentels dus aux erreurs d'expérience qui peuvent quelquefois être très-notables, comme le prouvent quelques anomalies que l'on peut observer dans la succession des chiffres correspondant aux divers degrés de dilution. Aussi, me suis-je borné à la seconde décimale dans le calcul de cette moyenne, et je ne la considère pas comme certaine à deux unités près.

S'il est permis de baser des conclusions sur des faits encore bien peu nombreux, on trouve que l'ordre de dif-

fusibilité des principes négatifs et positifs des combinaisons étudiées est le suivant :

Principes négatifs.	*Principes positifs.*
Chlore.	Hydrogène.
Brome.	Potassium.
Iode.	Ammonium.
Acide azotique.	Argent.
Acide chlorique.	Sodium.
Acide perchlorique.	Calcium.
Acide permanganique.	Strontium.
Fluor.	Baryum.
Acide chromique.	Plomb.
Acide sulfurique.	Mercure.
Acide carbonique.	Manganèse.
	Magnésium.
	Zinc.
	Cuivre.
	Aluminium.

Dans chacune des deux séries plusieurs groupes renferment des principes qui se comportent d'une manière tellement semblable dans les divers mélanges que l'ordre de leur diffusibilité relative ne peut être considéré comme établi d'une manière certaine.

J'ai inscrit dans une dernière colonne du tableau II les rapports des coefficients de diffusibilité déterminés pour les sels pris séparément, tels qu'ils résultent de mes propres expériences pour quelques-uns d'entre eux, de celles de Beilstein et de celles de Graham. Je n'ai utilisé ces dernières que là où d'autres données manquaient. En effet, les chiffres donnés par ce savant, indiquant les poids relatifs de divers sels diffusés dans des temps égaux par des dissolutions d'égale concentration, n'ont subi aucune correction pour tenir compte de l'appauvrissement des dissolutions soumises à la diffusion. Il en résulte que leur rapport doit toujours être plus rapproché de l'unité que le chiffre qui exprimerait réellement le rapport de diffusibilité des deux sels.

La comparaison de ces rapports avec les coefficients de diffusibilité simultanée peut suggérer quelques observations.

On aurait pu supposer que l'influence du mélange de deux sels dans une même dissolution sur leur diffusibilité réciproque diminuant à mesure que les dissolutions seraient plus étendues, la limite vers laquelle tendent les résultats obtenus dans la diffusion simultanée coïnciderait avec le rapport des coefficients de diffusibilité séparés, à moins qu'une affinité spéciale entre ces sels ne les forçât à se diffuser dans des proportions à peu près équivalentes.

Ces suppositions ne paraissent en aucune façon confirmées par l'expérience. Les mélanges salins pour lesquels la diffusion simultanée tend à donner, dans des dissolutions de plus en plus étendues, des résultats conformes au rapport des diffusibilités propres de chaque sel, sont peu nombreux. Ce sont les suivants :

Les chlorures de potassium, de sodium et d'ammonium en présence des azotates correspondants ;

Les chlorures de sodium et d'ammonium ;

Les azotates de potasse et d'ammoniaque ;

Les sulfates de potasse et de soude en présence du sulfate de magnésie.

On doit remarquer en particulier que dans le mélange de sulfate de potasse et de sulfate de magnésie les deux sels conservent sensiblement, dans des dissolutions étendues, leur diffusibilité propre, laquelle est loin d'ailleurs d'être en rapport avec des proportions équivalentes de ces sels. Il ne paraît donc pas qu'il existe d'affinité entre deux sels dissous, lors même qu'ils sont susceptibles de former un sel double.

Pour tous les autres mélanges, en beaucoup plus grand nombre, il paraît impossible d'admettre que la diffusion simultanée donne, même dans le cas de la plus grande dilution, des résultats conformes au rapport des diffusibilités propres des sels.

Il arrive même quelquefois qu'ils s'en éloignent d'autant plus que l'on opère sur des dissolutions plus étendues, ainsi pour le carbonate de potasse en présence du sulfate ou du chromate et pour le mélange des chlorures de potassium et d'ammonium.

En résumé :

La tendance que peuvent avoir deux sels à former des sels doubles ne paraît exercer aucune influence sur leur diffusion simultanée, il est donc probable que les sels doubles n'existent pas à l'état de dissolution.

Les expériences de diffusion simultanée peuvent faire connaître l'ordre de diffusibilité propre des sels, mais ne permettent pas en général d'en déterminer le rapport. Les proportions suivant lesquelles deux sels mélangés se diffusent sont toujours plus écartées l'une de l'autre que celles qui répondraient à leurs diffusibilités séparées. La différence diminue en général à mesure que l'on opère sur des dissolutions plus étendues, mais elle ne paraît pas cependant tendre à s'annuler, du moins dans la plupart des cas.

Enfin je dois remarquer en terminant que je n'ai jamais constaté une séparation des acides et des bases dans la diffusion des sels. Les acides étant en général plus diffusibles que les bases, il faudrait admettre, si une telle séparation a lieu, qu'elle est si faible qu'elle se trouve masquée par les éléments alcalins fournis par le verre des appareils. En effet, dans toutes mes expériences sur des

sels neutres, je n'ai jamais observé une réaction acide dans le produit de l'évaporation des liqueurs diffusées. Dans quelques-unes des expériences qui ont duré le plus longtemps, j'ai observé au contraire une réaction légèrement alcaline, mais alors le résidu de l'évaporation a laissé quelques traces de silice quand on l'a redissous dans l'eau, en sorte que cette réaction, très-faible d'ailleurs, devait être attribuée aux éléments du verre.

TABLEAU I.

Sels mélangés.	Dilution.	Durée.	Poids de l'eau.	Poids des sels.	Sels diffusés.	Diffusibilité simultanée.
K^2O,Az^2O^5 / KCl	15	6	33,3	5 5	0,5692 ,7778	0,693
	10	7	35,3	3,53 3,53	,5761 ,7149	0,761
	5	9	54,6	2,73 2,73	,5205 ,6035	0,823
	2,5	11	105,6	2,64 2,64	,3742 ,4108	0,894
	1,25	14	156	1,95 1,95	,2611 ,2789	0,925
	0,625	27	256	1,60 1,60	,2492 ,2628	0,937
K^2O,Az^2O^5 / KBr	10	4	24	2,4 2,4	0,2670 ,3430	0,747
	5	7	50	2,5 2,5	,3563 ,4177	0,825
	2,5	10	102	2,55 2,55	,3444 ,3816	0,885
	1,25	16	204	2,55 2,55	,3050 ,3290	0,916
K^2O,Az^2O^5 / KI	10	5	24	2,4 2,4	0,3210 ,4030	0,761
	5	7	50	2,5 2,5	,3517 ,3973	0,864
	2,5	11	102	2,55 2,55	,3677 ,4023	0,897
	1,25	17	212	2,65 2,65	,3225 ,3535	0,899

Sels mélangés.	Dilution.	Durée.	Poids de l'eau.	Poids des sels.	Sels diffusés.	Diffusibilité simultanée.
K^2O,Mn^2O^7	2,5	13	102	2,55	0,3231	0,823
K^2O,Az^2O^5				2,55	,3810	
	1,25	17	280	2,60	,2672	0,880
				2,60	,2990	
KF	10	6	25	2,5	0,3235	0,707
K^2O,Az^2O^5				2,5	,4315	
	5	8	52	2,6	,3473	0,768
				2,6	,4327	
K^2O,CrO^3	5	7	50	2,5	0,2289	0,617
K^2O,Az^2O^5				2,5	,3491	
	2,5	12	102	2,55	,2642	0,617
				2,55	,3998	
	1,25	17	208	2,6	,2120	0,621
				2,6	,3240	
K^2O,SO^3	5	7	54	2,7	0,2325	0,550
K^2O,Az^2O^5				2,7	,3925	
	2,5	9	96	2,4	,2841	0,600
				2,4	,4349	
	1,25	13	236	2,95	,3282	0,651
				2,95	,4728	
	0,625	28	256	1,6	,1807	0,655
				1,6	,2588	
K^2O,CO^2	10	6	24,5	2,45	0,2332	0,520
K^2O,AzO^5				2,45	,4088	
	5	8	53	2,65	,2850	0,506
				2,65	,5040	
	2,5	13	106	2,65	,2608	0,509
				2,65	,4632	
	1,25	17	208	2,6	,1952	0,494
				2,6	,3648	
K^2O,CO^2	5	8	53	2,65	0,2246	0,400
KCl				2,65	,4924	
	2,5	12	100	2,5	,1980	0,404
				2,5	,4340	
	1,25	15	212	2,65	,1640	0,422
				2,65	,3560	
K^2O,CO^2	5	8	56	2,8	0,2660	0,399
KBr				2,8	,5740	
	2,5	11	102	2,55	,1900	0,412
				2,55	,4130	
	1,25	18	204	2,55	,1920	0,441
				2,55	,3940	

Sels mélangés.	Dilution.	Durée.	Poids de l'eau.	Poids des sels.	Sels diffusés.	Diffusibilité simultanée.
K^2O,CO^2 KI	5	8	52	2,6	0,2626	0,393
				2,6	,5674	
	2,5	11	102	2,55	,2298	0,435
				2,55	,4672	
	1,25	18	212	2,65	,1796	0,441
				2,65	,3724	
K^2O,CO^2 K^2O,Cl^2O^7 (1)	0,9	25	211	1,9	0,2140	0,534
				1,9	,3610	
K^2O,CO^2 K^2O,Cl^2O^5	2,5	12	100	2,5	0,2263	0,548
				2,5	,3817	
	1,25	18	212	2,65	,2073	0 537
				2,65	,3597	
K^2O,CO^2 K^2O,CrO^3	5	11	54	2,7	0,3700	0,859
				2,7	,4200	
	2,5	16	106	2,65	,2980	0,809
				2,65	,3580	
	1,25	22	212	2,65	,2530	0,772
				2,65	,3180	
K^2O,CO^2 K^2O,SO^3	5	10	54	2,7	0,3267	0,974
				2,7	,3343	
	2,5	15	104	2,6	,3092	0,909
				2,6	,3358	
	1,25	22	212	2,65	,2677	0,881
				2,65	,2993	
K^2O,SO^3 KCl	5	(voir pages 95 et 96)				0,418
	2,5	(idem.)				0,476
	1,25	15	152	1,9	0,1900	0,521
				1,9	,3310	
	0,625	27	240	1,5	,1773	0,556
				1,5	,2881	
K^2O,SO^3 K^2O,Cl^2O^5	5	8	52	2,6	0,2660	0,618
				2,6	,4020	
	2,5	11	102	2,55	,234	0,654
				2,55	,340	
	1,25	16	204	2,55	,189	0,683
				2,55	,267	

(1) Le perchlorate cristallise dans une dissolution renfermant 1 p^r 100 des deux sels.

Sels mélangés.	Dilution.	Durée.	Poids de l'eau.	Poids des sels.	Sels diffusés.	Diffusibilité simultanée.
K^2O,SO^3	0,9	22	261,1	2,35	0,1974	0,673
K^2O,Cl^2O^7				2,35	,2808	
Na^2O,Az^2O^5	20	5	30	6	0,4501	0,706
$NaCl$				6	,6169	
	10	7	33,5	3,35	,3975	0,809
				3,35	,4765	
	5	8	49,2	2,46	,4176	0,865
				2,46	,4684	
	2,5	11	98	2,45	,4246	0,905
				2,45	,4594	
	1,25	15	208	2,6	,2533	0,936
				2,6	,2687	
	0,625	26	259,2	1,62	,2317	0,948
				1,62	,2423	
Na^2O,SO^3	5	8	49,6	2,48	0,2253	0,455
Na^2O,Az^2O^5				2,48	,4416	
	2,5	11	129,2	3,23	,1896	0,528
				3,23	,3400	
	1,25	15	120	1,5	,1527	0,563
				1,5	,2493	
	0,625	28	264	1,65	,1521	0,567
				1,65	,2489	
Na^2O,SO^3	15 (¹)	7	33,3	5	0,2273	0,272
$NaCl$				5	,7387	
	5	8	56	2,8	,1838	0,366
				2,8	,4467	
	2,5	11	148	3,7	,1627	0,426
				3,7	,3593	
	1,25	15	208	2,6	,1380	0,458
				2,6	,2825	
	0,625	28	400	2,5	,1393	0,465
				2,5	,2807	
Az^2H^8O,Az^2O^5	20	3	11	2,2	0,3331	0,732
AzH^4Cl				2,2	,4279	
	10	4	23	2,3	,2815	0,802
				2,3	,3395	
	5	7	50	2,5	,3523	0,880
				2,5	,3917	
	2,5	10	104	2,6	,3209	0,910
				2,6	,3481	

(¹) Dissolution sursaturée.

Sels mélangés.	Dilution.	Durée.	Poids de l'eau.	Poids des sels.	Sels diffusés.	Diffusibilité simultanée.
Az^2H^8O,AzO^5	1,25	15	208	2,6	0,2858	0,949
AzH^4Cl				2,6	,2992	
BaO,Az^2O^5	5	9	54	2,7	0,3433	0,804
$BaCl$				2,7	,4127	
	2,50	13	100	2,5	,2643	0,850
				2,5	,3032	
	1,25	19	144	1,8	,2012	0,867
				1,8	,2278	
	0,625	31	256	1,6	,1814	0,871
				1,6	,2046	
MgO,SO^3	10	6	25	2,5	0,1102	0,270
MgO,Az^2O^5				2,5	,3621	
	5	11	51	2,55	,1159	0,307
				2,55	,3403	
	2,5	17	102	2,55	,1553	0,347
				2,55	,3977	
	1,25	25	212	2,65	,1273	0,375
				2,65	,3127	
MgO,SO^3	10	6	24	2,4	0,0735	0,215
$MgCl^2$				2,4	,3061	
	5	11	50	2,5	,1165	0,272
				2,5	,3774	
	2,5	16	104	2,6	,1247	0,336
				2,6	,3366	
	1,25	24	204	2,55	,1190	0,370
				2,55	,2962	
KCl	10	3	24	2,4	0,1130	0,154
HCl				2,4	,5688	
	5	4	52	2,6	,1150	0,192
				2,6	,4968	
	2,5	8	104	2,6	,1625	0,257
				2,6	,5264	
	1,25	12	208	2,6	,1530	0,295
				2,6	,4566	
NaCl	20	4	11	2,2	0,3800	0,608
KCl				2,2	,5520	
	10	4	22,5	2,25	,2459	0,600
				2,25	,3791	
	5	7	50	2,5	,2898	0,615
				2,5	,4362	
	2,5	11	100	2,5	,2943	0,654
				2,5	,4207	

Sels mélangés.	Dilution.	Durée.	Poids de l'eau.	Poids des sels.	Sels diffusés.	Diffusibilité simultanée.
NaCl	1,25	15	144	1,8	,2015	0,659
KCl				1,8	,2875	
	0,625	28	256	1,6	,2147	0,645
				1,6	,3073	
NaCl	20	3	11	2,2	0,3324	0,718
AzH^4Cl				2,2	,4336	
	10	4	22,5	2,25	,2295	0,719
				2,25	,3057	
	5	7	50	2,5	,3275	0,729
				2,5	,4258	
	2,5	10	102	2,55	,3184	0,826
				2,55	,3744	
	1,25	14	200	2,5	,2847	0,851
				2,5	,3274	
$CaCl^2$	10	4	24	2,4	0,2198	0,622
NaCl				2,4	,3332	
	5	8	50	2,5	,2912	0,654
				2,5	,4168	
	2,5	11	104	2,6	,2654	0,643
				2,6	,3886	
	1,25	15	212	2,65	,2040	0,669
				2,65	,2930	
$BaCl^2$	15	8	30,7	4,6	0,6656	0,665
NaCl				4,6	,9234	
	12	(voir pages 95 et 98)				0,662
	5	7	38	1,9	0,2409	0,654
				1,9	,3426	
	2,5	11	70	1,75	,2181	0,653
				1,75	,3109	
	1,25	15	120	1,5	,1445	0,653
				1,5	,2095	
	0,625	28	256	1,6	,1695	0,679
				1,6	,2365	
$HgCl^2$	5	8	50	2,5	0,220	0,652
NaCl				2,5	,321	
	2,5	16	104	2,6	,275	0,644
				2,6	,401	
	1,25	24	204	2,55	,2405	0,651
				2,55	,3500	
$SrCl^2$	20	3	11,5	2,3	0,2354	0,592
NaCl				2,3	,3686	

Sels mélangés.	Dilution.	Durée.	Poids de l'eau.	Poids des sels.	Sels diffusés.	Diffusibilité simultanée.
$SrCl^2$ $NaCl$	10	4	24	2,4	0,1999	0,612
				2,4	,3091	
	5	8	52	2,6	,2999	0,629
				2,6	,4431	
	2,5	11	100	2,5	,3687	0,638
				2,5	,5273	
	1,25	15	204	2,55	,1903	0,637
				2,55	,2857	
$MgCl^2$ $NaCl$	10	5	24	2,4	0,2576	0,537
				2,4	,4350	
	5	8	52	2,6	,2507	0,549
				2 6	.4200	
	2,5	11	104	2,6	,2268	0,549
				2,6	,3831	
	1,25	16	212	2,65	,1763	0,557
				2,65	,2998	
AzH^4Cl KCl	20	3	11	2,2	0,4521	0,941
				2,2	,4731	
	10	4	24	2,4	,3503	0,875
				2,4	,3910	
	5	6	50	2,5	,3363	0,899
				2,5	,3678	
	2,5	10	100	2,5	,3082	0,847
				2,5	,3550	
	1,25	15	212	2,65	,3068	0,849
				2,65	,3533	
$BaCl^2$ KCl	15	(voir page 95)				0,404
	5	7	38	1,9	0,1820	0,406
				1,9	,3870	
	2,5	11	54	1,35	,1981	0,411
				1,35	.3849	
	1,25	15	120	1,5	,1998	0,428
				1,5	,3862	
	0,625	28	256	1,6	,1731	0,453
				1,6	,3329	
K^2O,Az^2O^5 H^2O,Az^2O^5	10	3	24	2,4	0,101	0,192
				2,4	,441	
	5	5	52	2,6	,1710	0,241
				2,6	,5764	
	2,5	8	102	2,55	,1680	0,274
				2,55	,5134	
	1,25	12	212	2,65	,1310	0,295
				2,65	,3953	

Sels mélangés.	Dilution.	Durée.	Poids de l'eau.	Poids des sels.	Sels diffusés.	Diffusibilité simultanée.
K^2O,Az^2O^5 / Az^2H^8O,Az^2O^5	20	3	11	2,2	0,336	0,854
				2,2	,382	
	10	4	22,5	2,25	,279	0,948
				2,25	,292	
	5	7	50	2,5	,402	1,000
				2,5	,402	
	2,5	10	100	2,5	,360	1,000
				2,5	,360	
	1,25	15	212	2,65	,351	1,017
				2,65	,345	
BaO,Az^2O^5 / K^2O,Az^2O^5	5	(voir page 95)				0,415
	2,5	9	76	1,9	0,2355	0,441
				1,9	,4480	
	1,25	16	148	1,85	,1506	0,468
				1,85	,2924	
	0,625	28	240	1,5	,1417	0,466
				1,5	,2713	
Na^2O,Az^2O^5 / K^2O,Az^2O^5	20	3	11	2,2	0,2389	0,712
				2,2	,3201	
	10	5	22,5	2,25	,2765	0,655
				2,25	,3935	
	5	7	50	2,5	,2329	0,634
				2,5	,3471	
	2,5	10	96	2,4	,3374	0,654
				2,4	,4756	
	1,25	14	200	2,5	,2171	0,648
				2,5	,3189	
	0,625	28	256	1,6	,1888	0,635
				1,6	,2762	
Na^2O,Az^2O^5 / Ag^2O,Az^2O^5	10	5	25	2,5	0,3175	0,897
				2,5	,3485	
	5	8	52	2,6	,3602	0,862
				2,6	,4078	
	2,5	12	104	2,6	,3069	0,843
				2,6	,3556	
	1,25	21	208	2,6	,2794	0,835
				2,6	,3272	
CaO,Az^2O^5 / Na^2O,Az^2O^5	20	3	12	2,4	0,2694	0,634
				2,4	,3966	
	10	5	24	2,4	,2372	0,610
				2,4	,3638	

Sels mélangés.	Dilution.	Durée.	Poids de l'eau.	Poids des sels.	Sels diffusés.	Diffusibilité simultanée.
CAO,Az^2O^2 Na^2O,AzO^5	5	8	52	2.6	0,3221	0,659
				2,6	,4559	
	2,5	11	104	2,6	,2372	0,638
				2,6	,3518	
	1,25	16	180	2,25	,1874	0,674
				2,25	,2666	
PbO,Az^2O^5 Na^2O,Az^2O^5	20	3	12	2,4	0,1870	0,521
				2,4	,3330	
	10	5	24	2,4	,2122	0,557
				2,4	,3538	
	5	9	54	2,7	,3399	0,617
				2,7	,5061	
	2,5	11	100	2,5	,2464	0,658
				2,5	,3546	
	1,25	16	212	2,65	,2375	0,681
				2,65	,3335	
MgO,Az^2O^5 Na^2O,Az^2O^5	20	3	12	2,4	0,2317	0,702
				2,4	,3159	
	10	5	24	2,4	,2237	0,695
				2,4	,3081	
	5	8	50	2,5	,2743	0,656
				2,5	,3929	
	2,5	12	100	2,5	,2437	0,640
				2,5	,3587	
	1,25	16	204	2,55	,1824	0,632
				2,55	,2764	
SrO,Az^2O^5 Na^2O,Az^2O^5	10	6	32,5	3,25	0,3162	0,587
				3,25	,4948	
	5	7	54	2,7	,2638	0,620
				2,7	,3992	
	2,5	11	100	2,5	,2567	0,630
				2,5	,3823	
	1,25	15	208	2,6	,2137	0,666
				2,6	,3073	
$BaO.Az^2O^5$ Na^2O,Az^2O^3	5	6	66	3,3	0,2027	0,589
				3,3	,3293	
	2,5	10	66	1,65	,1983	0,625
				1,65	,2937	
	1,25	16	132	1,65	,1882	0,672
				1,65	,2638	
	0,625	31	272	1,7	,1994	0,682
				1,7	,2756	

Sels mélangés.	Dilution.	Durée.	Poids de l'eau.	Poids des sels.	Sels diffusés.	Diffusibilité simultanée.
K^2O,SO^3 H^2O,SO^3	10	6	24	2,4 2,4	0,1840 ,4435	0,361
	5	8	50	2,5 2,5	,2335 ,4725	0,435
	2,5	12	104	2,6 2,6	,220 ,424	0,470
	1,25	18	204	2.55 2,55	,199 ,382	0,476
Az^2H^8O,SO^3 K^2O,SO^3	5	10	50	2,5 2,5	0,437 ,431	1,017
	2,5	14	104	2,6 2,6	,365 ,372	0,978
	1,25	18	208	2,6 2,6	,291 ,298	0,973
MgO,SO^3 K^2O,SO^3	5	9	52	2,6 2,6	0,1394 ,3396	0,375
	2,5	13	102	2,55 2,55	,1210 ,2850	0,394
	1,25	17	208	2,6 2,6	,1156 ,2784	0,386
	4,08 5,92 [1]	9	50	2,04 2,96	,1016 ,3874	0,346
	2,04 2,96 [1]	13	100	2,04 2,96	,0843 ,3087	0,369
$Al^2O^3,3SO^3$ K^2O,SO^3	2,5	16	104	2,6 2,6	0,1265 ,3405	0,337
	1,25	30	208	2,6 2,6	,1232 ,3838	0,285
	3,15 1,60 [2]	20	103	3,25 1,65	,1765 ,2705	0,289
	2,49 1,27 [2]	30	103	2,57 1,31	,240 ,324	0,303
Na^2O,SO^3 K^2O,SO^3	5	9	50	2,5 2,5	0,250 ,350	0,679
	2,5	11	126	3,15 3,15	,1668 ,2382	0,682
	1,25	18	156	1,95 1,95	,2044 ,2796	0,696
	0,625	30	256	1,6 1,6	,1637 ,2193	0,714

(1) Dissolutions préparées avec le sulfate double.

(2) Dissolutions d'alun.

Sels mélangés.	Dilution.	Durée.	Poids de l'eau.	Poids des sels.	Sels diffusés.	Diffusibilité simultanée.
MnO,SO^3 Na^2O,SO^3	5	12	52	2,6 2,6	0,1860 ,3420	0,506
	2,5	16	104	2,6 2,6	,1662 ,3118	0,499
	1,25	24	208	2,6 2,6	,1563 ,2777	0,533
MgO,SO^3 Na^2O,SO^3	5	10	52	2,6 2,6	0,1534 ,2956	0,487
	2,5	13	104	2,6 2,6	,1243 ,2337	0,507
	1,25	21	212	2,65 2,65	,1318 ,2372	0,531
ZnO,SO^3 Na^2O,SO^3	5	12	52	2,6 2,6	0,1783 ,3427	0,482
	2,5	17	104	2,6 2,6	,1863 ,3407	0,509
	1,25	23	208	2,6 2,6	,1466 ,2804	0,492
CuO,SO^3 Na^2O,SO^3	5	13	52	2,6 2,6	0,1856 ,3961	0,425
	2,5	16	102	2,55 2,55	,1545 ,3235	0,441
	1,25	32	208	2,6 2,6	,1886 ,3654	0,475
ZnO,SO^3 MgO,SO^3	5	17	52	2,6 2,6	0,271 ,306	0,871
	2,5	27	102	2,55 2,55	,214 ,246	0,857
	1,25	33	208	2,6 2,6	,207 ,253	0,801
MgO,SO^3 MnO,SO^3	5	19	52	2,6 2,6	0,2585 ,2635	0,978
	2,5	21	104	2,6 2,6	,2499 ,2591	0,960
	1,25	33	208	2,6 2,6	,2042 ,2098	0,971

II. Tableau synoptique des coefficients de diffusion simultanée de divers sels.

	Proportions de chaque sel pour 100 d'eau.						Moyenne.	Rapport des diffusibilités séparées[1]
	20	10	5	2,5	1,25	0,625	2,5 %	
KCl : K^2O,Az^2O^5		1,314	1,215	1,119	1,081	1,067	1,14	1,054 B
KBr »		1,339	1,212	1,130	1,091	»	1,14	
KI »		1,314	1,157	1,115	1,112	»	1,13	1,04 G
K^2O,Mn^2O^7 »				0,823	0,880	»	0,82	
KF »		0,707	0,768	»	»	»	0,77?	
K^2O,CrO^3 »			0,617	0,617	0,621	»	0,62	0,801 G
K^2O,SO^3 »			0,550	0,600	0,651	0,655	0,60	0,736 B
K^2O,CO^2 »		0,520	0,506	0,509	0,494	»	0,50	0,777 B
KCl : K^2O,CO^2			2,500	2,475	2,369		2,45	1,357 B
KBr »			2,506	2,427	2,267		2,40	
KI »			2,544	2,299	2,267		2,37	
K^2O,Cl^2O^7 »						1,872 [2]		
K^2O,Cl^2O^5 »				1,825	1,862		1,82	1,288 G
K^2O,CrO^3 »			1,164	1,236	1,295		1,23	1,091 G
K^2O,SO^3 »			1,027	1,100	1,135		1,09	0,948 B 1,031 G
KCl : K^2O,SO^3			2,392	2,101	1,919	1,798	2,14	1,431 B
K^2O,Cl^2O^5 »			1,618	1,529	1,464		1,54	1,259 G
K^2O,Cl^2O^7 »						1,486 [2]		
$NaCl$: Na^2O,Az^2O^5	1,416	1,236	1,156	1,105	1,068	1,055	1,11	1,050 G
Na^2O,SO^3 »			0,455	0,528	0,563	0,567	0,51	
Na^2O,SO^3 : $NaCl$			0,366	0,426	0,458	0,465	0,42	0,644 B 0,590 M
Az^2H^8O,Az^2O^5 : AzH^4Cl	0,732	0,802	0,880	0,910	0,949		0,91	1,005 G
BaO,Az^2O^5 : $BaCl^2$			0,804	0,850	0,867	0,871	0,84	
MgO,SO^3 : MgO,Az^2O^5		0,270	0,307	0,347	0,375		0,34	
MgO,SO^3 : $MgCl^2$		0,215	0,272	0,336	0,370		0,33	
KCl : $NaCl$	1,644	1,666	1,626	1,529	1,518	1,550	1,56	1,200 B
AzH^4Cl »	1,393	1,391	1,372	1,211	1,175		1,25	1,247 G
$CaCl^2$ »		0,622	0,654	0,643	0,669		0,65	
$BaCl^2$ »		0,668 [3]	0,654	0,653	0,653	0,679	0,65	0,757 M 0,837 G
$HgCl^2$ »			0,652	0,644	0,651		0,65	
$SrCl^2$ »	0,592	0,612	0,629	0,638	0,637		0,63	
$MgCl^2$ »		0,537	0,549	0,549	0,557		0,55	
HCl : KCl		6,493	5,208	3,891	3,389		4,16	
AzH^4Cl »	0,941	0,875	0,899	0,847	0,849		0,86	0,960 G
$BaCl^2$ »		0,401 [4]	0,406	0,411	0,428	0,453	0,41	0,572 M 0,672 G

(1) Les lettres B, G, M, indiquent les rapports résultant des déterminations de MM. Beilstein, Graham et moi.
(2) Dissolution à 0,9 pour 100.
(3) Dissolution à 11 pour 100. Moyenne de six expériences (p. 98).
(4) Dissolution à 11,4 pour 100. Moyenne de six expériences (p. 98).

	Proportions de chaque sel pour 100 d'eau.						Moyenne.	Rapport des diffusibilités séparées.
	20	10	5	2,5	1,25	0,625	2,5 %	
H^2O,Az^2O^5 : K^2O,Az^2O^5		5,208	4,149	3,649	3,390		3,73	
Az^2H^8O,Az^2O^5 »	1,171	1,055	1,000	1,000	0,988		1,00	0,993 G
BaO,Az^2O^5 »			0,415	0,441	0,468	0,466	0,44	
K^2O,Az^2O^5 : Na^2O,Az^2O^5	1,404	1,527	1,577	1,529	1,543	1,575	1,55	1,157 G
Ag^2O,Az^2O^5 »		1,115	1,160	1,186	1,197		1,18	
CaO,Az^2O^5 »	0,634	0,610	0,659	0,638	0,674		0,66	
PbO,Az^2O^5 »	0,521	0,557	0,617	0,658	0,681		0,65	
MgO,Az^2O^5 »	0,702	0,695	0,656	0,640	0,632		0,64	
SrO,Az^2O^5 »		0,587	0,620	0,630	0,666		0,64	
BaO,Az^2O^5 »			0,589	0,625	0,672	0,682	0,63	
H^2O,SO^3 : K^2O,SO^3		2,770	2,299	2,127	2,101		2,17	
Az^2H^8O,SO^3 »			1,017	0,978	0,973		0,99	0,994 G
MgO,SO^3 »			0,375	0,394	0,386		0,39	0,382 M
$Al^2O^3,3SO^3$ »				0,337	0,285		0,31	
K^2O,SO^3 : Na^2O,SO^3			1,473	1,466	1,437	1,400	1,46	1,301 B
MnO,SO^3 »			0,506	0,499	0,533		0,52	
MgO,SO^3 »			0,487	0,507	0,531		0,51	(0,718 B (0,523 M
ZnO,SO^3 »			0,482	0,509	0,492		0,49	
CuO,SO^3 »			0,425	0,441	0,475		0,45	0,640 B
ZnO,SO^3 : MgO,SO^3			0,871	0,857	0,801		0,84	1,023 G
MgO,SO^3 : MnO,SO^3			0,978	0,960	0,971		0,97	

NOTE
SUR
LES ONAGRARIÉES DU BRÉSIL
ET EN PARTICULIER
SUR LE GENRE JUSSIAEA
PAR
M. MARC MICHELI.

L'étude d'une famille de plantes brésiliennes promet, en général, d'être féconde en résultats nouveaux. En effet, les vastes régions de cet empire encore si mal connu ont fourni aux voyageurs une quantité considérable de végétaux non encore décrits, et l'étude de ces collections a plus d'une fois jeté un jour tout nouveau sur la véritable nature et sur les affinités de certaines familles tropicales. Il n'en est pas tout à fait ainsi pour les Onagrariées[1]; répandues surtout dans les régions tempérées, il était peu probable qu'elles se présentassent au Brésil avec un nombreux cortége d'espèces. Ces prévisions se sont en partie réalisées; cependant l'étude des types brésiliens de cette famille, et en particulier la revue du genre *Jussiaea* que ce travail a occasionnée, ont fait connaître certains faits nouveaux qu'il sera peut-être intéressant de consigner ici.

[1] La monographie des espèces brésiliennes de cette famille, que nous avons été chargé d'élaborer pour la *Flora Brasiliensis* de Martius (éditée aujourd'hui par M. le professeur Eichler), paraîtra dans un des prochains fascicules de ce grand ouvrage.

C'est à ce dernier genre, le plus vraiment tropical de toute la famille, qu'appartiennent la presque totalité des Onagrariées du Brésil; sur 46 espèces que nous avons décrites, il en compte 36. Les dix autres se répartissent entre quatre genres : *Oocarpon* une espèce, *Epilobium* une espèce, *Fuchsia* trois espèces et *Oenothera* cinq espèces.

Les Jussiaea se rencontrent dans toutes les parties du Brésil depuis l'Amazone jusqu'à Montevideo, dans les terrains humides; quelques espèces sont même tout à fait aquatiques. Nous reviendrons, du reste, tout à l'heure sur ce genre qui mérite un examen spécial.

L'Oocarpon est un genre nouveau qui ne compte encore qu'une seule espèce; cette plante récoltée par différents collecteurs avait été, sur un examen superficiel, rapportée aux Jussiaea [1]. Elle s'en sépare évidemment par le fait qu'elle a les étamines en nombre égal aux pétales et non pas double comme c'est le cas pour tous les Jussiaea; ce caractère tendrait à la rapprocher du genre Ludwigia, mais elle s'en distingue par sa fleur pentamère et non tétramère, et par la structure de son fruit semblable à celui du Jussiaea repens dont il sera question tout à l'heure. C'est une plante de marécage, la partie inférieure de la tige plonge dans l'eau et là elle est fréquemment enveloppée d'un tissu lacuneux et aérifère semblable à celui des racines aérifères de quelques Jussiaea [2]. Il naît entre l'écorce et le bois et rappelle d'abord par sa structure les couches subéreuses de certains arbres; à

[1] *J. torulosa*, Walk Arnott. *J. oocarpa*, Wright, Griseb. Plantæ cubenses 107.

[2] Martins, *Bull. de la Société botan. de France*, 1866, p. 169.

mesure qu'il se développe, il déchire les couches corticales, et la tige finit par se trouver enveloppée d'un cylindre continu, trois ou quatre fois plus épais qu'elle-même. Les rameaux s'élèvent au-dessus de l'eau, et l'inflorescence est tout à fait celle d'un Jussiaea, c'est-à-dire que les fleurs naissent solitaires à l'aisselle des feuilles supérieures plus ou moins réduites.

La distribution géographique de cette plante, telle que nous la connaissons aujourd'hui, est assez capricieuse. Elle a été récoltée à Cuba par M. Wright, dans la Guyane par Sagot et quelques autres voyageurs; au Brésil, elle n'a encore été rencontrée que dans la province de Minas-Geraes où elle croît en grande abondance dans un lac près de Lagoa-Santa (M. Warming). Il y aurait donc en latitude une distance de près de 25° entre les deux stations de cette espèce.

Les Épilobes peuvent à peine compter au nombre des genres brésiliens; une seule espèce, très-voisine de l'*Epilobium tetragonum* de nos contrées (sinon même identique) a été récoltée près de Montevideo où elle a été très-probablement introduite à la suite des colons européens.

Les *Fuchsia* sont cantonnés dans les régions élevées du centre du Brésil, depuis la chaîne des Orgues près de Rio Janeiro, jusqu'aux montagnes de la province de Minas-Geraes où ils s'élèvent au delà de 2000 mètres. Les trois espèces que nous avons reconnues (*F. integrifolia* Camb., *F. montana* Camb., *F. pubescens* Camb.) ont été décrites par Cambessédès dans la *Flora Brasiliæ meridionalis;* elles se rapprochent du groupe des espèces chiliennes et en particulier du *Fuchsia macrostemma* Ruiz et Pav., et sont, au contraire, assez différentes de

celles à longues fleurs qu'on trouve généralement répandues dans le Pérou, la Nouvelle-Grenade, l'Équateur, etc.

Les Énothères sont reléguées dans la partie australe de l'empire, et ne remontent pas au delà de l'île de Sainte-Catherine (27-28° lat. S.). Des quatre espèces que nous avons reconnues dans cette région, l'une, *Oe. indecora* Camb., paraît spéciale à la localité et a, du reste, été très-rarement recueillie; les trois autres, *Oe. mollissima* L., *longiflora* Jacq., *acaulis* Cav., sont répandues dans le Chili. Elles se rencontrent généralement dans les terrains sablonneux voisins de la mer. Une cinquième espèce a été récoltée par M. Glaziou, dans les environs de Rio-Janeiro. C'est une plante annuelle croissant dans des terrains humides à 600 et 700 mètres d'altitude. Son port rappelle tout à fait celui de l'*Oe. biennis* d'Europe.

Le genre *Jussiaea* est pour nous d'une tout autre importance que les précédents. Il est essentiellement brésilien, car presque toutes les espèces connues se rencontrent dans ce vaste empire. Il n'a été d'ailleurs soumis depuis la publication du vol. III du *Prodromus* (1828) à aucun travail général, et de plus certaines espèces occupent, comme le font souvent les plantes aquatiques, une aire géographique extrêmement vaste et sont distinguées par une grande variabilité de formes. Aussi les espèces se sont-elles multipliées d'une façon exagérée dans toutes sortes de publications et la synonymie de quelques-unes est-elle devenue fort compliquée.

Aucune mention n'est le plus souvent faite des caractères véritablement essentiels dans ce genre, c'est-à-dire de ceux qui dérivent de la graine et certaines descriptions sont pour ainsi dire impossibles à identifier.

Cependant, dès 1829, A.-P. de Candolle, dans son mémoire sur les Onagrariées, faisait ressortir l'importance des caractères du fruit et de la graine, et concluait même à l'adoption probable, dans l'avenir, du genre *Cubospermum* créé par Loureiro (Flora Cochin. I, 129) pour le *Jussiaea repens* de Linné. Depuis lors, aucun auteur ne s'est spécialement occupé de ce point.

L'ancienne division de de Candolle en deux sections, l'une caractérisée par les fleurs tétramères et l'autre par les fleurs pentamères, ne peut pas être maintenue. Certaines espèces, en effet, n'ont rien de fixe dans le nombre des parties qui est tantôt quatre, tantôt cinq ; d'autres, au contraire, constamment tétramères, sont par toute leur organisation proches voisines d'espèces constamment pentamères.

Mais la structure de la graine et du fruit divise très-naturellement le genre en trois sections, dont nous allons énumérer rapidement les principaux caractères :

La première, que nous avons appelée *Eujussiaea*, la plus riche en espèces, se distingue par des graines nombreuses, plurisériées dans chaque loge et généralement horizontales. Elles sont fort petites et portent sur la face externe un raphé cylindrique assez saillant qui se détache aisément de la graine. De plus, la capsule est généralement obconique et tétragone ; très-rarement prismatique. Elle n'est le plus souvent marquée que de quatre côtes saillantes alternant avec les lobes du calice. Les espèces de cette section sont tétramères; quelques-unes deviennent accidentellement pentamères. Elles habitent surtout l'Amérique du Sud où elles atteignent parfois la taille de véritables arbustes, et arrivent au chiffre de vingt-trois.

Dans la deuxième section qui a reçu le nom *d'Oligospermum,* les graines sont unisériées dans les loges et quelquefois tout à fait pendantes ; chacune d'entre elles est enveloppée d'un disque d'endocarpe épais, subéreux ou presque ligneux, qui se sépare de l'épicarpe membraneux et tombe avec elle. Dans un groupe d'espèces, les graines sont libres dans l'endocarpe et rappellent tout à fait, par leur apparence, celles de la première section. Dans un second groupe, au contraire, elles sont plus grosses, tout à fait adhérentes à l'endocarpe et forment avec lui un corps prismatique qui a été souvent décrit comme la graine elle-même. Les capsules sont allongées, habituellement cylindriques, quelquefois polygonales ; les nervures dans certaines espèces (*J. repens* L. et voisins) sont très-développées et de consistance tout à fait ligneuse.

Ce sont les plantes de cette section que de Candolle proposait de séparer du genre *Jussiaea*. Ce qui nous a empêché d'adopter cette manière de voir, c'est le fait que certaines espèces, entre autres le *J. linifolia* Vahl. font un passage évident entre les deux groupes, ayant les graines plurisériées dans la partie supérieure de la capsule, et unisériées et enveloppées d'endocarpe dans la partie inférieure. Quelques-unes de ces plantes sont toujours tétramères, mais la plupart sont constamment et typiquement pentamères. Ce groupe, moins nombreux que le précédent, ne compte, d'après la synonymie que nous avons établie, que douze espèces.

Enfin, la troisième section, *Macrocarpon,* a une capsule cylindrique, allongée, marquée de huit côtes égales ; les graines nombreuses et plurisériées sont arrondies et

marquées au milieu d'un sillon profond qui sépare une loge pleine renfermant l'embryon d'une autre loge de même grosseur, mais complétement vide. Cette structure singulière a été diversement interprétée : MM. Hooker et Bentham (*Genera plantarum*) y ont vu deux ovules soudés, dont l'un avorte ; Kunth (*Nova genera et species*) indique que c'est le testa qui constitue les loges. Pour nous, la loge vide n'est autre chose qu'un raphé démesurément élargi[1] et cette manière de voir est fondée sur les arguments suivants : 1° Le sommet de la loge fertile n'offre pas la moindre trace de l'insertion d'un funicule ; le reste de celui-ci est, au contraire, visible sur la loge vide. — 2° A la base de la graine, il y a continuité de tissu entre les deux loges. — 3° Sur la coupe longitudinale la chalaze marquée, comme dans les autres espèces du genre, d'un point pourpre et saillant est tournée du côté de la loge vide et paraît en continuité de tissu avec les parois de celle-ci. — 4° La surface de la loge vide, au lieu d'être striée transversalement comme celle de la loge pleine, est rayée longitudinalement comme l'est la surface du raphé dans les graines de la première section. Il est, du reste, possible de reconnaître la chose sur l'ovule aussitôt après la fécondation. Celui-ci paraît déjà divisé en deux loges. Des quatre espèces exclusivement tétramères qui constituent cette section, deux sont pour ainsi dire cosmopolites et les deux autres sont spéciales aux parties australes du Brésil.

[1] Après avoir terminé ce travail, j'ai vu la même opinion émise par M. Wright (*Notes on Jussiaea*, *Journ. of the Linn. Society*, 1869, t. X, p. 476), qui ne donne, du reste, aucune preuve à l'appui. Cette petite notice est fort intéressante et renferme des idées très-justes sur la synonymie de plusieurs espèces compliquées.

Mentionnons encore parmi les caractères qui ont été négligés jusqu'ici et qui cependant offrent une certaine importance, les stipules. Généralement les Onagrariées sont citées parmi les familles qui ne possèdent pas ces petits organes; c'est une erreur; beaucoup en ont, au moins dans le jeune âge; quelquefois elles persistent fort petites, il est vrai, mais facilement reconnaissables à la loupe. Dans les *Jussiaea*, en particulier, on les trouve toujours sous la forme de petites protubérances, souvent glanduleuses, des deux côtés du pétiole. Elles sont, en outre, toujours visibles à la base des bractéoles qui naissent soit sur le pédicelle, soit le long du tube du calice; tantôt elles leur sont adhérentes et tombent avec elles; tantôt, au contraire, elles sont libres et persistent après la chute de la bractéole. Enfin, dans les cas où celle-ci avorte, et paraît remplacée par une simple écaille, il est facile de s'assurer qu'elle est formée de la soudure plus ou moins intime des deux stipules, entre lesquelles on reconnaît parfois la trace de la nervure médiane de la bractéole. Les caractères de cet ordre sans importance pour la diagnose des sections, peuvent rendre des services dans la distinction des espèces.

Au point de vue de leur distribution géographique, les *Jussiaea* appartiennent tout à fait aux régions tropicales; les espèces récoltées au delà des vingt-cinquièmes degrés de latitude australe et boréale sont extrêmement rares. Elles habitent toutes sans exception les terrains marécageux ou inondés.

Comme plusieurs autres genres de la même famille, les *Jussiaea* sont avant tout américains. Il est même à remarquer que, d'après notre manière d'envisager les espèces critiques, il n'en existe aucune qui ne se rencontre

pas dans le nouveau monde; c'est, du reste, ce qui ressortira d'un examen un peu plus approfondi des différentes sections, examen dans lequel nous établirons en même temps nos vues sur la synonymie des espèces les plus discutées.

Ire SECTION. — EUJUSSIAEA.

La première section peut être appelée brésilienne et américaine par excellence; en effet, sur les vingt-trois espèces qui la constituent une seule a été retrouvée dans l'ancien monde et quatorze n'ont jamais été récoltées hors du Brésil.

Le groupe le plus important de cette section (seize espèces) est formé de plantes herbacées ou ligneuses, atteignant même quelquefois la taille d'un sous-arbrisseau et spéciales à l'Amérique du Sud. Elles sont facilement reconnaissables à leurs fleurs, en général assez grandes, pédicellées, et surtout à leurs capsules toujours obconiques. Elles habitent de préférence les marécages découverts situés à une certaine altitude. Toutes, sans exception, se rencontrent au Brésil. Quatre seulement franchissent les limites de ce vaste empire. Le *J. peruviana* L., dont la véritable patrie est dans la région subandine depuis le Mexique jusqu'au Chili où il s'élève jusqu'au-dessus de 1500 mètres, habite aussi les Antilles et n'a été récolté au Brésil que dans la province de Minas-Geraes. Le *J. latifolia* Benth. est originaire de la vallée de l'Amazone et de régions analogues dans la Nouvelle-Grenade[1] et en Guyane. Le *J. nervosa* Poir. (avec le *J. litho-*

[1] La plupart des renseignements que nous possédons sur les *Jussiaea*

spermifolia Kunth. très-voisin mais beaucoup moins abondant), espèce très-polymorphe, est répandu dans les vallées chaudes depuis la Nouvelle-Grenade jusqu'à la province de St-Paul, au Brésil; il paraît manquer à la région de l'Amazone. Les douze autres espèces du même groupe sont répandues au Brésil depuis la province de Ceara (5° l. s.) jusqu'à Montevideo (35° l. s.). Évitant, pour la plupart le voisinage de la mer et l'ombre des grandes forêts, elles me paraissent habiter de préférence les parties humides des plaines ondulées et boisées appelées « Campos » au Brésil.

Un deuxième groupe de la même section est formé de trois espèces aquatiques, dont l'une, le *J. sedoïdes* Humb. et Bonpl., végétant à la façon du *Trapa natans*, s'élève perpendiculairement du fond de l'eau et vient étaler à la surface une rosette de feuilles, entremêlées de fleurs d'un jaune d'or. Toutes trois sont originaires de l'Amérique du Sud; une seulement est spéciale au Brésil; les deux autres se rencontrent aussi dans les Antilles, la Guyane, etc. Elles ne descendent pas au delà de 15 à 20° de latitude australe.

Enfin, les quatre dernières espèces de la section se séparent en plus d'un point des précédentes. Leurs fleurs beaucoup plus petites sont sessiles, et leurs capsules prismatiques rappellent davantage la forme de celles des sections suivantes. Elles habitent en général les terrains bas, chauds et humides. Leur distribution géographique est assez capricieuse. Le *J. decurrens* DC. remonte dans les États-Unis jusque vers le 35° de latitude boréale, tan-

de la Nouvelle-Grenade sont dus à l'obligeance de M. Triana qui a bien voulu nous communiquer ses notes manuscrites à ce sujet.

dis qu'au sud il ne descend pas au delà de la vallée de l'Amazone, seule localité brésilienne où il ait été récolté. Il ne se rencontre pas, à notre connaissance, dans les Antilles. Le *J. erecta* L., le seul de cette section qui franchisse les limites du nouveau monde, a deux stations fort distantes. Il croît d'abord dans l'Amérique du Sud, dans la Guyane, la Nouvelle-Grenade, le Brésil septentrional et aux Antilles, dans les terrains bas et humides. Il a été, en outre, récolté abondamment en Afrique, soit sur la côte orientale dans la vallée supérieure du Nil et en Nubie, soit sur la côte occidentale entre le Sénégal et le Congo. Quelque soin qu'on apporte à la comparaison des échantillons rapportés de ces deux régions, il n'est pas possible d'y trouver la moindre différence. Leur similarité a été du reste admise par M. Oliver, dans sa Flora of tropical Africa [1]. Le *J. acuminata* Sw. est une espèce très-mal connue et qui serait spéciale aux Antilles. Enfin le *J. densiflora* n. sp. se sépare de tout le reste de la section par ses fleurs pentamères ou même hexamères, mais jamais tétramères. Il habite les rives de l'Amazone et de ses principaux affluents.

Énumération des espèces de la première section, et observations sur la synonymie:

1. *J. tomentosa Cambessédès* dans St-Hil. Fl. Brasil. mérid. II. 254.
2. *J. laruotteana* Camb., l. c.
3. *J. elegans* Camb., l. c.
4. *J. peruviana* L. sp., 555.

[1] L'espèce y est désignée sous le nom de *J. linifolia* Vahl.; c'est une erreur, ainsi que nous le montrerons tout à l'heure.

Synonymes : *J. hirta* Vahl, Eclog. II, 31.
J. macrocarpa H. B. et K. nov. gen. et sp. VI, p. 102.
J. mollis H. B. K. l. c. ?

Cette synonymie a été déjà indiquée par plusieurs auteurs. Si elle n'a pas été reconnue de tous temps, c'est que Linné a caractérisé son *J. peruviana* comme ayant la fleur pentamère. Ce n'est le cas qu'accidentellement, et certains rameaux portent des fleurs à quatre et d'autres à cinq parties.

5. *J. caparosa* Camb., l. c.
6. *J. Martii* M. Micheli, Flora Jun. 1874.
7. *J. anastomosans* DC. Prodr. III, 36.
8. *J. latifolia* Bth. in Hook. J. of botany, II, 317.
9. *J. myrtifolia* Camb., l. c.

Synonyme : *J. lanceolata* Camb., l. c. qui n'est qu'une variété à feuilles plus longues et plus étroites.

10. *J. sericea* Camb., l. c.
11. *J. nervosa* Poir. Dict. bot. Lam. Suppl. III, 199.

Synonymes : *J. palmitensis* Camb., l. c.
J. maypurensis H. B. et K., l. c.
J. rigida Miquel, St. surinam, 59.
Corynostigma jussiaeoides Presl. Epim. 218.

La forme des feuilles, la pubescence varient beaucoup chez cette espèce; mais elle présente dans la fleur des caractères constants qui ne permettent pas de la séparer.

12. *J. lithospermifolia* Kunth. (mss. in herb. Paris.) M. Micheli, l. c. Espèce très-voisine de la précédente.
13. *J. brachyphylla* M. Micheli, l. c.
14. *J. longifolia* DC., Prodr. III, 56.

15. *J. filiformis* M. Micheli, l. c.
16. *J. Burchellii* M. Micheli, l. c.
17. *J. sedoides* H. et Bonp. Plant. æquin. I, p. 13.
18. *J. inclinata* Linn. fil. Suppl. 577.

Synonyme : *J. erecta* Linn. Amœn. VIII, 256 (excl. sp. plant.).

Elle a été décrite par M. Grisebach (*Plantæ cubenses*) sous le nom de *J. repens var. inflata* (dans les collections de Wright). C'est une erreur manifeste ; ces deux plantes, distinguées déjà par le nombre des parties de la corolle, le sont très-clairement par la structure de leur capsule et de leur graine.

19. *J. potamogeton* M. Micheli, l. c.
20. *J. decurrens* DC. Prodr. III, 56.

Le *J. pterophora* Miq. (Mag. of nat. hist. XI, 13) n'est qu'une variété à feuilles étroites.

21. *J. erecta* L., sp. 556 (excl. syn. Rumph. et Fl. Zeylan).

Synonymes : *Carambu* Rheed Hort. Mal. II, t. XLIX.
Onagra foliis persicariæ amplioribus, parvo flore luteo, Plumier mss. in Bib. Mus. Par. IV. 144 (figure excellente).
J. altissima Perrottet in DC. Prodr. III, 55.
J. nubica Hochst.

Une certaine incertitude a régné longtemps sur la vraie dénomination de cette espèce. Linné, dans la *flora Zeylanica,* avait d'abord confondu sous ce nom une espèce des îles Molluques et de la Sonde (décrite également sous le même nom par Blanco Fl. des Philip.), appartenant à la troisième section, avec la plante des Antilles à laquelle sa

description se rapportait plutôt. La figure de Rheed (H. Malab. II, 50) *Cattu Carambu* à laquelle il renvoie, se rapporte à la première de ces plantes, de même que l'*herba vitiliginum* Rumph. Amb. Mais, plus tard, il a toujours indiqué les Antilles comme station de cette espèce et il est bien probable qu'il n'y attachait pas d'autre sens que celui que nous y donnons actuellement. Du reste, la brièveté des anciennes descriptions et surtout l'absence de renseignements sur le fruit et la graine rendent la solution absolue d'une semblable question difficile. M. Oliver (Fl. of trop. Africa) a décrit cette plante sous le nom de *J. linifolia* Vahl. Nous montrerons à propos de cette dernière espèce que cette interprétation n'est probablement pas exacte.

22. *J. acuminata* Swartz, fl. ind. occ., p. 745.

Nous regardons cette plante comme une espèce mal connue, voisine du *J. erecta* dont elle n'est peut-être qu'une variété. Le seul échantillon authentique et qui puisse être pris comme type, celui de l'herbier du Prodromus à Genève provenant de la Jamaïque, est très-incomplet mais rappelle tout à fait le *J. erecta*. La plupart des auteurs ont décrit sous le nom de *J. acuminata* une plante qui n'est autre que le *J. linifolia* Vahl. (voyez cette espèce).

23. *J. densiflora* M. Micheli, l. c.

IIme SECTION. — OLIGOSPERMUM.

Cette section, beaucoup moins riche en espèces que la première, puisqu'elle n'en compte que douze, et en même temps moins exclusivement américaine, se subdivise très-naturellement en deux groupes, l'un comprenant des

plantes terrestres chez lesquelles la graine est libre dans son enveloppe endocarpienne; l'autre des plantes aquatiques dont la graine est soudée à l'endocarpe. Les espèces du premier groupe tantôt tétramères et faisant passage entre les deux sections, tantôt pentamères, sont au nombre de sept. Outre les caractères importants tirés de la structure du fruit, elles sont reconnaissables à leurs fleurs petites, plus ou moins sessiles et à leurs capsules cylindriques ou prismatiques. Elles s'élèvent moins haut sur les montagnes que les espèces de la première section et recherchent davantage les vallées chaudes et le voisinage des grands cours d'eau.

Deux d'entre elles se rencontrent dans l'ancien monde; le *J. linifolia* Vahl, qui, en Amérique, s'étend des Antilles, de la Nouvelle-Grenade et de la Guyane jusqu'au 10°, l. s. environ, au Brésil, a été aussi récolté aux Philippines, à Madagascar et sur la côte occidentale de l'Afrique, vers le Gabon et le Niger.

Le *J. pilosa* H. B. et K., espèce polymorphe, s'étend en Amérique depuis le trentième degré de latitude boréale (États-Unis) jusqu'au sud de la province de Minas-Geraes au Brésil (22°, l. s.), et depuis les Antilles au Pérou. Il a été également retrouvé en Afrique, soit dans la vallée du Nil, soit sur la côte occidentale (Oliver, l. c.).

Trois autres espèces (*J. Weddelii, quadrangularis et Schottii*) sont spéciales au Brésil, où elles occupent une aire géographique assez peu étendue; elles n'ont, du moins, été rapportées que par un petit nombre de voyageurs. Enfin, les deux dernières de la section sont originaires des vallées septentrionales de l'Amérique du Sud; le *J. dodecandra* DC. n'a encore été récolté qu'en Guyane,

tandis que le *J. affinis* DC. descend jusque dans la vallée de l'Amazone.

A la tête du deuxième groupe, nous rencontrons le *J. repens* L., l'espèce la plus répandue de tout le genre et la plus intéressante à beaucoup d'égards. Les extraordinaires variations auxquelles est soumise cette plante suivant la nature du milieu dans lequel elle végète, ont été étudiées avec beaucoup de soin par M. le professeur Martins[1]. D'après les travaux de cet habile observateur, la forme extérieure et l'apparence générale dépendent, avant tout, de la quantité d'eau dont la plante est entourée. Dans un marais ou dans un lac tranquille, elle flotte soutenue par ses racines aérifères et le limbe de la feuille largement ovale vient s'étaler à la surface; dans une rivière, au contraire, celui-ci se rétrécit et s'allonge, prenant une forme lancéolée qui semble suivre le mouvement du courant. La longueur des pétioles et des pédicelles ne varie pas moins suivant la hauteur du liquide. Enfin, celui-ci vient-il à manquer tout à fait, la plante rampe à la surface du sol; elle se rabougrit, prend une consistance ligneuse et se couvre tout entière d'une pubescence courte et serrée; les feuilles restent fort petites et à l'aisselle de chacune d'entre elles naît un rameau très-court couvert de petites feuilles très-rapprochées. Ces différentes formes, reproduites par la culture, se rencontrent fréquemment dans les herbiers où, d'après la grande différence de leur forme extérieure, elles avaient été décrites comme des espèces distinctes.

Étudié d'après ces données, le *J. repens* se présente

[1] Note sur le *J. repens* dans le *Bull. de la Société botan. de France*, 1866, page 175.

comme une espèce unique, avec trois variétés bien marquées, chacune d'entre elles étant soumise à l'influence du milieu de végétation et reproduisant les formes diverses que nous venons d'énumérer. Au point de vue de la distribution géographique, nous ne pouvons mieux faire que de renvoyer le lecteur à la notice de M. Martins où elle est exposée en grands détails. Il nous suffira de dire ici que l'aire est extraordinairement étendue puisqu'elle comprend tous les pays tropicaux sans exception, et s'étend même assez au delà de cette zone. La station la plus septentrionale se trouve à Montpellier (43°, l. n.) où le *J. repens* (var. *grandiflora*), planté jadis par un jardinier dans le Lez, s'est complétement naturalisé. Dans l'autre hémisphère, il se rencontre également jusqu'à 30-40° de latitude, au cap de Bonne-Espérance, en Australie et au Chili. Au Brésil, il a été récolté à peu près dans toutes les régions de l'empire.

Les quatre autres espèces du même groupe, voisines du *J. repens* par leur fleur et la structure de leur fruit, se comportent tout différemment; une seule (*J. natans* H. B. et K.) est tout à fait aquatique; les autres élèvent leurs rameaux bien au-dessus de l'eau dans laquelle plonge seulement le bas de la tige. Leur aire géographique est beaucoup moins étendue; l'une n'a été récoltée que dans l'île de Cuba (*J. peduncularis* Wright); le *J. natans* H. B. et K. se rencontre dans la Nouvelle-Grenade et dans le Brésil septentrional; les deux dernières appartiennent aux régions australes de l'empire brésilien et ne sont représentées dans les herbiers que par de rares échantillons.

Rappelons, enfin, les curieuses racines aérifères qui

naissent sur les nœuds de la tige des *J. repens* et *natans.* Elles ont été étudiées par M. Martins dans le mémoire cité, et nous n'avons pu constater leur existence sur aucune autre espèce. Elles ne se rencontrent naturellement que sur des individus qui ont été tout à fait submergés, et manquent à tous ceux qui se sont développés sur un terrain plus ou moins sec.

Énumération des espèces de la deuxième section.

24. *J. Weddelii* M. Micheli, l. c.

25. *J. linifolia* Vahl, Eclog. II, p. 32.

Ainsi que nous l'avons déjà indiqué, nous attribuons ce nom à une plante répandue dans diverses parties de la zone tropicale et qui a été généralement décrite (MM. Bentham, Oliver, Grisebach, etc.,) sous le nom de *J. acuminata* Swartz. C'est la description même de Vahl qui nous a fait adopter cette manière de voir ; bien que, malheureusement, il ne parle pas de la graine, il décrit la capsule comme suit : « *Capsula pollicaris, lævis, teres, glaber.* » Or, cette diagnose s'applique parfaitement à la capsule de notre plante; tandis que, d'après Swartz, le *J. acuminata* a la capsule tétragone, semblable à celle du *J. erecta.* Les échantillons types de l'herbier du Prodromus (le *J. acuminata* provenant de Swartz lui-même), ne font que confirmer cette manière de voir.

26. *J. quadrangularis* M. Micheli, l. c.

27. *J. dodecandra* DC. Prodr., III, 53.

28. *J. pilosa* H., B. et K. nov. gen. amer., VI, p. 101, t. DXXXII.

Synonymes : *J. leptocarpa* Nuttal. gen. americ. I, p. 279, Prodr., III, 53.

J. variabilis Mey. Primit. Esseq., p. 174, DC. Prodr., III, 53 ?

J. marcgravii DC. Prodr., III, 58?

Le *J. foliosa* Wright (Griseb. Pl. Cub.) n'est qu'une variété de cette espèce, ainsi que M. Wright l'a admis lui-même dans sa notice (loc. c.). Le *J. heterophylla* Salzm. mss. est également une variété brésilienne presque glabre.

29. *J. affinis* DC. Prodr., III, 53.

Synonymes : *J. micropetala* Mart. in herb. fl. Bras., n° 408 et Beibl. zur Flora, XXII, 51.

J. hexamera Miq. Ann. Sc. nat., 3me série, vol. I, p. 36.

30. *J. Schottii* M. Micheli, l. c.

31. *J. repens* Linn. Fl. Zeyl., p. 75, sp.

La synonymie que nous donnons ici est basée sur celle qu'a proposée M. Martins, complétée par nos propres recherches.

Nir. Carambu Rheed. Hort. Mal., II, p. 99, t. LI.

Caryophyllus spurius, malabaricus, pentapetalus, aquaticus, repens. (Raji, Hist. Plant., p. 1510.)

Cubospermum palustre Loureiro, fl. Cochinch., p. 275.

Var. α, type de l'ancienne espèce de Linné.

J. adscendens Linn. Mant., 69.

J. diffusa Forskal, Fl. Ægypt. arabica, p. 210.

J. polygonoides H. B. et K., l. c.

J. Swartziana DC. Prodr., III, 54.

J. alternifolia E. Meyer (Peter, Naturwiss. Reise nach Mozambique, I, 69.)

J. fluitans Hochst. in Harv. et Sond fl. Cap., II, 504.

J. fluviatilis Blume (Big. tot. de Fl. van Nederl. Ind.).

Ces deux dernières descriptions se rapportent au type d'eau courante, à feuilles étroites dont nous avons parlé tout à l'heure.

J. stolonifera Guillem. Perrot. et Richard. (*Floræ seneg. tentamen*, p. 292.)

Type de la plante qui s'est développée sur un terrain desséché.

Var. β, distinguée de la précédente par ses dimensions généralement beaucoup plus réduites.

J. peploides H. B. et K., l. c.

J. patibilcensis H. B. et K., l. c.

J. ramulosa DC. Prodr., III, 54 (décrite sur une plante qui a crû hors de l'eau).

J. mauritiana Presl. (se rapproche du type d'eau courante).

Var. γ, à fleurs plus grandes; la partie supérieure des rameaux qui s'élève toujours au-dessus de l'eau est pubescente.

J. grandiflora Mich., fl. boreali americ., I, 267.

J. montevidensis Sprengel, syst., II, p. 232.

J. berteriana Steudel, Nom. bot.

J. hexapetala Hook. bot. misc., III, 312 (?).

32. *J. natans* H. et Bonp. Pl. æquin. I, p. 16, t. III b.

Synonyme : *J. helminthorhiza* Martins, Beibl. z. Flora, XXII, 61.

33. *J. peduncularis* Wright Griseb. pl. Cub.

34. *J. urugayensis* Camb. in St-Hil., l. c.

35. *J. Hookeri* M. Micheli, l. c.

IIIme SECTION. — MACROCARPON.

Cette section, dont les représentants se rencontrent dans toutes les régions tropicales, est composée d'espèces polymorphes que nous avons réduites au nombre de quatre, en nous fondant pour cela non-seulement sur nos observations personnelles, mais sur l'avis de beaucoup d'auteurs.

Outre les caractères remarquables tirés de la graine biloculaire, ces plantes sont reconnaissables à leurs capsules allongées, presque cylindriques et marquées de huit côtes égales. La longueur du pédicelle, comme aussi la grandeur et la position des bractéoles sont extrêmement variables et ont été la cause des nombreuses espèces mal fondées qui se sont fait jour dans ce groupe. Ces plantes habitent les terrains bas et humides et ne s'élèvent pas haut sur les montagnes; les grandes différences qu'on observe dans la grandeur des feuilles et dans la pubescence proviennent, sans doute, de la nature du sol où elles ont crû et en particulier de l'ombre plus ou moins épaisse des arbres.

Nous examinerons immédiatement les différents points qui touchent à la distribution géographique et à la synonymie de chaque espèce en particulier.

36. *J. suffruticosa* Linn. spec., 555.

Cette espèce se rencontre dans toutes les régions tropicales; elle varie d'un pays à l'autre sans que cependant ces variations sortent de la limite qu'on peut attribuer à une espèce. Les formes en apparence les plus dissemblables sont unies entre elles par une foule de passages in-

sensibles. Par exemple, Lamark a décrit sous les noms de *J. villosa* et de *J. angustifolia*, deux plantes de l'Inde et des îles de la Sonde, qui, au premier abord, paraissent très-dissemblables par la forme des feuilles et surtout la pubescence; mais lorsqu'on consulte un grand nombre d'échantillons, on trouve entre les deux formes extrêmes tant de degrés intermédiaires qu'il devient impossible de les séparer et même difficile d'en faire des variétés distinctes. L'équivalence des deux espèces de Lamark a déjà été admise par plusieurs auteurs (Bentham, Flora australiensis; Wight et Arn. Prodr. fl. Ind.; Miquel, Fl. Ind. Bat., etc.). Ainsi constituée, cette espèce se distingue par ses feuilles lancéolées ou linéaires-lancéolées, plus longues que la capsule; ses fleurs sessiles ou très-brièvement pédicellées; les bractéoles avortées sont remplacées par deux petites glandes (stipules) à la base de la capsule; les lobes du calice, ovales-lancéolés, aigus, sont au moins deux fois plus courts que le tube; les pétales très-caducs leur sont presque égaux; le disque est plane, les étamines ont les anthères courtes et arrondies et le filament filiforme et allongé; enfin la capsule étranglée au sommet n'est pas sensiblement rétrécie vers la base. Quant à la pubescence elle est extraordinairement variable et l'on remarque tous les degrés depuis une plante tout à fait glabre jusqu'à des individus complétement velus.

On rencontre le *J. suffruticosa* sous toutes les longitudes, sur une zone qui s'écarte peu du vingt-cinquième degré de latitude boréale et australe. En Afrique, il est mentionné soit sur la côte occidentale, en Guinée, soit sur la côte orientale depuis la vallée du Nil jusqu'à Port-Natal

(*J. villosa* Oliver, l. c., *J. angustifolia* Harv. et Sond., l. c.). Il se présente, dans cette région, sous une forme intermédiaire entre les deux espèces de Lamark. Une variété à feuilles plus étroites et chez laquelle toutes les parties sont réduites (*J. linearis* Hochst.) a été traitée par M. Oliver comme une simple variété de cette espèce.

En Asie (Indes, Ceylan, Java, Sumatra, Philippines, Chine méridionale jusqu'à Canton) tous les degrés de variabilité se rencontrent. Le type du *J. villosa* Lam. est fortement pubescent; les feuilles tendent à devenir plus courtes et plus larges. On remarque quelquefois sur le tube du calice une ou deux bractéoles foliacées; par des degrés insensibles on arrive au type du *J. angustifolia* Lam. tout à fait glabre; une plante des îles Philippines décrite par Presl, sous le nom de *J. costata*, est une variété à feuilles plus amples, à fleurs plus grandes et à capsules plus allongées, mais de même forme. En Australie, M. Bentham a mentionné la grande variabilité de cette espèce, toujours glabre dans certains districts et toujours pubescente dans d'autres.

Enfin, en Amérique, notre plante a été décrite par Kunth, sous le nom de *J. salicifolia;* mais il remarque lui-même qu'elle est extraordinairement voisine du *J. angustifolia* Lam. Nous n'avons, en effet, à faire ici qu'à la forme glabre de l'espèce. C'est à peine si au Brésil quelques échantillons sont légèrement poilus (*J. erythrocaulis* Mart. mss.). Elle se rencontre aux Antilles et dans l'Amérique du Sud depuis le Mexique jusqu'au Brésil méridional; un échantillon de l'herbier Delessert est même indiqué comme ayant été récolté vers le détroit de Magellan (?). Comme en Afrique, on trouve au Brésil une variété à formes réduites, type du *J. parviflora* Camb.

Synonymie : En adoptant pour cette espèce le nom de *J. suffruticosa* Linn., nous avons suivi ce qu'avaient fait la plupart des auteurs qui ont admis la similarité du *J. villosa* et de l'*angustifolia*. De Candolle (Prodr., III, 58) regardait le *J. suffruticosa* comme une plante tout à fait obscure, à cause d'une erreur de la synonymie de Linné qui renvoyait à un *Ludwigia*, et surtout à cause de l'incertitude sur la pubescence. En admettant que ce dernier caractère n'ait ici pas de valeur, la principale raison qui faisait rejeter la dénomination linnéenne est mise de côté; celle-ci peut donc reprendre sa place, et voici les espèces décrites que nous y assimilons :

Cattu Carambu. Rheed. Hort. Mal., II, t. L.
Herba Vitiliginum Rumph. Amb.
J. angustifolia Lam. Dict., III, 331, t. CCLXXX.
J. villosa Lam., l. c.
J. Burmanni DC. Prodr., III, 57.
J. costata Presl. Epim., 217.
J. exaltata Roxb. Hort. calc., 33.
J. linearis Willd, Sp., II, 575.
J. palustris Mey. Prim. Esseq., 173.
J. parviflora Camb. St-Hil., l. c.
J. salicifolia H. B. et K. nov. gen., VI, p. 99, t. 530.
J. blumeana DC. Prodr., III, 55 ?

37. *J. octonervia* Lamark, Dict., III, 332.

Cette espèce qui se rencontre sur un espace bien moins étendu que la précédente, est peut-être encore plus polymorphe. La variabilité porte ici surtout sur la longueur du pédicelle, le facies des bractéoles et la grandeur de la fleur. Il y a également des individus glabres

et d'autres tout à fait pubescents. C'est sur un des premiers, originaires des Antilles, qu'a été faite la description de Lamark.

Répandu surtout aux Antilles et dans les deux Amériques, le *J. octonervia* se distingue par les caractères suivants communs à tous les échantillons : feuilles ovales, ou ovales-lancéolées, en général brièvement pétiolées; lobes du calice largement ovales, acuminés, égalant environ les deux tiers de la longueur du tube; pétales largement ovales, émarginés, dépassant de beaucoup les lobes; disque un peu saillant; étamines et styles plus courts que dans l'espèce précédente; les premières ont les anthères allongées égales aux filaments aplatis; capsule dépassant la feuille florale et en général graduellement rétrécie du sommet à la base. Un examen un peu attentif montre facilement que la longueur du pédicelle est extrêmement variable, et que tous les degrés existent entre les fleurs à peu près sessiles des échantillons brésiliens et les plantes à pédicelles aussi longs que la capsule du Mexique et du Texas.

Il en est de même des bractéoles; dans les échantillons pédicellés, elles sont sétacées et très-visibles et ont été décrites par tous les auteurs; mais, dans les échantillons sessiles, il est toujours aisé de découvrir entre les deux stipules un petit rudiment souvent presque nul, quelquefois assez allongé, appliqué contre la capsule, et qui tient parfaitement la place de l'organe absent; du reste, ici encore, tous les degrés intermédiaires existent. Ces caractères qui avaient servi de base à la distinction d'un certain nombre d'espèces (*J. octofila* DC., *J. calycina* Presl., etc.,) n'ont donc pas de valeur et nous n'aurions ici à faire qu'à une seule et même espèce qui se rencontre depuis

le Texas jusqu'au Brésil méridional et depuis les Antilles jusqu'aux îles Sandwich.

La variété à fleurs sessiles est particulièrement abondante au Brésil (*J. scabra* Willd) et aux Antilles; celle à fleurs pédicellées habite plutôt le Texas, le Mexique (à grande ou à petite fleur) et les États du Pacifique; elle a été aussi récoltée sous une forme assez différente dans le Brésil austral.

Quelques échantillons provenant de Madagascar et de l'île Bourbon et décrits sous le nom de *J. ovalifolia* Sims. me paraissent identiques à la forme brésilienne du *J. octonervia*; je n'ai pas pu trouver entre eux même la différence d'une variété. Cependant n'ayant eu affaire qu'à des échantillons plus ou moins incomplets, ce n'est, vu la grande distance des stations, qu'avec doute que je rapporte ici le *J. ovalifolia*.

Synonymie : *J. calycina* Presl. Reliq. Haenk., II, 34.
J. ligustrifolia H. B. et K., l. c. (douteux, le fruit n'étant pas décrit).
J. octofila DC. Prodr., III, 57.
J. occidentalis Nutt, Torr. et Gray, Fl. N. Am., I, 521.
J. persicariæfolia Schlch. Linn., XII, 271.
J. scabra Willd, Enum. I, 449.
J. ovalifolia Sims., Bot. mag., t. 2530 ?

38. *J. brachycarpa* M. Micheli, l. c.
39. *J. bonariensis* M. Micheli, l. c.

Ces deux dernières espèces, qui diffèrent en bien des points des précédentes, sont originaires du Brésil austral et toutes deux très-rares dans les herbiers.

Nous donnerons encore en terminant la liste des noms

de *Jussiaea* publiés et qui n'ont pu être identifiés à cause de l'insuffisance des descriptions.

J. aluligera Miq. Stirp. surin., p. 59 (voisin peut-être du *J. dodecandra* DC.).

J. frutescens Jacq. DC., III, 56.

Cette plante n'est représentée dans l'herbier DC. que par un échantillon très-incomplet provenant du jardin de Genève. C'est probablement une forme du *J. suffruticosa.*

J. hirsuta Mill. dict. 5, DC., III, 38?

J. Junghuhniana Miq. Fl. Ind. bat., I, 627 ?

J. micrantha Kunze, Linn., 1853, v. XXIV, p. 177, est probablement une forme jeune du *J. linifolia* Vahl.

J. marcgravii DC., III, 58?

J. sagræna Rich. Fl. de Cuba, I, 534, voisin de l'*erecta.*

J. subacaulis Pursh. fl. bor. am., I, 304, probablement une forme du *J. repens.*

J. tenuifolia Nutt. DC. Prodr., III, 55.

J. tetragona Spreng., II, 231, probablement synonyme de *J. suffruticosa.*

J. tenella Burm. Fl. ind. 103, t. XXXV, f. 5, est peut-être un *Ludwigia.*

La distribution géographique des *Jussiaea*, dans les cinq parties du monde, peut se résumer dans le tableau suivant :

Sections.	Total.	Amérique.	Océanie.	Asie.	Afrique.	Europe.
Eujussiaea........	23	23	—	—	1	—
Oligospermum....	12	12	1	2	3	1
Macrocarpon.....	4	4	2	1	1	—
	39	39	3	3	5	1

Le genre est donc bien réellement américain; un deuxième tableau résumera la distribution dans le nouveau monde lui-même.

Sections.	Total.	Amérique du Nord[1].	Mexique.	Antilles.	Guyane.	États du Pacifique[2].	Brésil.
Eujussiaea......	23	1	2	5	7	7	22
Oligospermum..	12	2	3	4	5	4	10
Macrocarpon...	4	1	2	2	2	2	4
	39	4	7	11	14	13	36

Enfin, quant au Brésil lui-même, sur trente-six espèces de *Jussiaea* qui y sont connues, vingt et une n'ont pas été récoltées hors des limites de ce vaste empire.

[1] États du Texas, Louisiane, Mississipi, Alabama, Caroline, Georgie, Floride.

[2] Nouvelle-Grenade, Équateur, Pérou, Chili.

NOTE SUR LES NÉRINÉES

ET LES

TRAVAUX RÉCENTS DONT ELLES ONT ÉTÉ L'OBJET

SUIVIE D'UN

CATALOGUE RÉPARTITIF DES ESPÈCES DE CE GENRE

SE TROUVANT DANS LES TERRAINS JURASSIQUES SUPÉRIEURS DU JURA.

PAR

M. MAURICE DE TRIBOLET.

Parmi les nombreux genres de Gastéropodes qui ont vécu pendant la durée des terrains jurassiques et crétacés et qui sont actuellement entièrement éteints, l'un des plus caractéristiques, des plus curieux et des plus intéressants à étudier, est sans contredit celui des Nérinées. Contemporaines des Ammonites et des Bélemnites, quoique ayant apparu un peu plus tard, ces formes jouent, dans les terrains jurassiques supérieurs surtout, un rôle important.

C'est ainsi que dans ces dernières années, principalement, elles ont été l'objet d'études particulières de la part de MM. Étallon [1], Contejean [2], Pictet [3], Credner [4], Stoliczka [5],

[1] *Monographie du Corallien, in Mém. Émulat. Doubs*, 1859; *Études paléont. Jura graylois, in idem*, 1864; *Leth. Bruntrut.*, 1861-63.

[2] *Étude étage kimméridien de Montbéliard*, Paris, 1862.

[3] *Paléont. Sainte-Croix*, 3me série, 8, 9, 10me livr., 1862.

[4] *Glieder. oberen Juraformat. u. Weald i. N.-W. Deutschld. nebst Anhg. über Nerineen u. Chemnitzien*, Prague, 1863.

[5] *Revision Gosaugasterop., in Sitzungsber. Wien. Akad.*, 1865; *Gastrop. of Cretac. rocks South. India, in geolog. Survey of India*, 1868.

Gemmellaro[1], Montagna[2], Costa[3], de Loriol[4], Ooster[5] et Zittel[6]. Par mes recherches et publications sur les terrains jurassiques supérieurs du Jura neuchâtelois, j'ai aussi eu l'occasion d'étudier les nombreuses formes qui s'y rencontrent et j'ai pensé qu'un résumé des études faites jusqu'ici sur ce genre, ainsi qu'un catalogue répapartitif des espèces des terrains jurassiques supérieurs du Jura, pourraient être de quelque utilité à ceux qui voudront désormais s'occuper de ce genre aussi curieux qu'intéressant.

Décrites par les premiers auteurs[7] sous le nom de *Vis* ou de *Turbinites*, les Nérinées furent plus tard généralement rangées parmi les Turritelles ou les Cérithes[8].

Ce n'est qu'en 1825 que Defrance[9] proposa le nom de *Nérinée* (*Nerina* Holl., *Nerinaea* Dsh., *Nerinea* Voltz) pour des coquilles turriculées des formations jurassiques et crétacées, chez lesquelles la columelle et le labre sont

[1] *Nerinee della Ciace dei dintorni di Palermo, in Giorn. Sc. nat. ed econom. di Palermo*, 1865; *Studii palæont. fauna calc. a Ter. janitor del nord di Sicilia*, pars II : *Gastrop., in idem*, 1869.

[2] *Generaz. della terra*, 1866; *Intorno all 'esistenza di resti organ. delle rocche detta azoiche*, 1866.

[3] *Atti del R. Istit. di Napoli*, 2me série, vol. III, 1866.

[4] Diverses monographies paléontologiques de 1866-1874.

[5] *Corall. de Wimmis, in Pétrificat. remarq. des Alpes suisses*, 1869.

[6] *Palæont. Mittheilg.* II, 3te Abtheilg. : *Gastrop. Stramberg.-Sch.*, p. 328-379. Munich, 1873.

[7] *Lang* (1707), *Bourguet* (1742), *Bruckner* (1748-1762), *Knorr* (*in Walch*, 1768-73), *G.-A. Deluc*, *Schlotheim* (1820-23).

[8] Sharpe et Pictet font même observer que d'Orbigny a encore décrit comme Nérinées deux espèces de Cérithes crétacés (*Cer. Marroti*, *Perigordinum* (Orb., Pict.) qui n'ont pas de dents au labre, ont un moule dépourvu de sillons extérieurs et des ornements qui ont bien plus de rapports avec les Cérithes qu'avec les Nérinées.

[9] *Dict. des Sc. natur.*, vol. XXXIV, p. 462-464.

munis de plis constants sur toute la longueur de la coquille. Cette vague diagnose dut être précisée plus tard davantage, lorsque le nombre de ces formes devenait tous les jours plus considérable.

Voltz [1] et Bronn [2] s'occupèrent ensuite encore plus particulièrement de ce genre et en publièrent même trente-trois espèces nouvelles. En complétant et en détaillant la diagnose générique de Defrance, Voltz fut le premier à remarquer à la base du labre le sinus caractéristique assez profond qui occasionne, en s'oblitérant près de la suture, une double ligne ou bande suturale [3] (bande du sinus de d'Orbigny, Nahtbinde) munie de stries d'accroissement infléchies en arrière comme chez les Pleurotomes et les Pleurotomaires. La présence d'un canal columellaire, ainsi que la constitution générique des plis de l'ouverture qui s'affaiblissent peu à peu du côté de la bouche et s'accentuent en revanche vers le premier tour de spire [4] (suivant leur plus ou moins grand éloignement de l'ouverture), n'échappèrent non plus à l'esprit pénétrant de ce patient observateur.

Goldfuss [5] publia quelques années plus tard, dans son

[1] *Jahrb. f. Geol., Mineral. u. Palæont. v. Leonh. u. Bronn*, 1836: *Ueber d. foss. Genus Nerinea; Institut*, vol. III, 1835.

[2] *Jahrb.* 1836 : *Uebersicht u. Abbildg. d. bis jetzt bekannten Nerinea-Arten; Leth. geogn.*, 1835-1856.

[3] Stoliczka (*Revis. d. Gosaugasterop.*) pense que celle-ci était occasionnée par un organe spécial de l'animal !

[4] En effet, ceux-ci sont quelquefois si développés vers le commencement de la spire qu'ils rétrécissent souvent sensiblement les tours de la coquille ou la remplissent même entièrement de matière calcaire, de telle sorte que l'animal devait être ainsi forcé de se retirer successivement vers le bas de sa demeure. Ce fait rappelle en quelque sorte celui que nous pouvons aussi observer actuellement chez les Turritelles, les Bulimes, etc.

[5] *Petref. German.*, 1826-1844, III.

grand ouvrage, encore plusieurs nouvelles espèces de Nérinées; mais il ne fait aucune mention dans ses diagnoses du sinus sutural et cite même l'erreur de Deshayes [1], d'après lequel la columelle serait toujours perforée, quoique Voltz ait déjà mis précédemment hors de doute la présence de formes non ombiliquées. Malgré cela Goldfuss figure cependant plusieurs espèces à columelle non perforée.

Outre Voltz, Bronn et Goldfuss, nombre de paléontologues, parmi lesquels je citerai : Catullo (1827-28), Férussac (1828), Phillips (1829), Zieten (1830-34), Schübler (in Zieten), Sowerby (1831-36), Deshayes (1831-36), Thurmann (1832), Strombeck (1833), Thirria (1833), d'Archiac (1835-1847), Pusch (1836), F.-A. Rœmer (1836-39), Philippi (1837), d'Hombres-Firmas (1838-1839), Geinitz (1839-1842), d'Orbigny (1840-1850), Mathéron (1842), Quenstedt (1843), Deslongchamps (1843), Reuss (1845), Zeuschner (1849), Morris et Lycett (1850), s'étaient aussi occupés et s'occupèrent encore dans la suite des Nérinées dont ils décrirent de nombreuses formes.

Il n'est ainsi pas étonnant que Sharpe [2] ait tenté alors de faciliter la détermination de ces différentes formes en les divisant en groupes qu'il érigea plus tard en sous-genres; cet essai ne fut cependant pas bien accueilli par la plupart des paléontologues. Quoique l'idée en elle-même dût être certainement approuvée à cause du nombre toujours croissant d'espèces qui se prêtaient assez

[1] *Dict. classique d'hist. nat.*, vol. XI, p. 534, 1827; *Coq. caractér.*, 1831.

[2] *Remarks on the genus Nerinea*, in *Quart. Journ. geolog. Society*, vol. VI, 1850.

bien à une subdivision facilitant ainsi leur détermination, d'Orbigny, Peters [1], Pictet [2] et Stoliczka [3] ne trouvèrent pas les caractères de ces sections suffisamment rigoureux et firent observer que des transitions nombreuses les unissaient les unes aux autres et en paraissaient rendre les limites bien peu distinctes [4]. Quoique avouant qu'elles facilitent considérablement les recherches dans la détermination des espèces, d'Orbigny alla même jusqu'à prétendre qu'elles sont aujourd'hui généralement rejetées de la science. « En effet, dit-il, si les coupes animales sont tranchées et si elles ne se confondent pas à leurs limites, elles doivent former un genre et non un sous-genre. Si en revanche elles n'ont pas de limites fixes, il est inutile de surcharger la science de nouveaux noms secondaires qui n'ont pas de but, puisqu'ils disparaissent devant le nom de genre. En général, moins que beaucoup d'autres, le genre Nérinée est susceptible de se diviser en sections et moins encore en sous-genres. » (*Paléontol. française : Gastérop. jurassiques.*)

[1] *Nerin. d. oberen Jura i. Oesterreich, in Sitzungsber. Wien. Akad.*, 1855.

[2] *Sainte-Croix* et *Traité de paléont.*, III, p. 90.

[3] Ce savant surtout fait remarquer avec raison que les caractères génériques employés par Sharpe, c'est-à-dire la présence ou l'absence d'un ombilic ainsi que le nombre des plis, ne peuvent subsister comme tels. Il s'oppose, en général, énergiquement à une subdivision de ce genre, ce qui doit nous étonner d'autant plus que, comme élève de l'école anglaise, il est renommé pour compliquer toujours davantage la classification zoologique et faire des catalogues sans limites où l'humaine faiblesse finira par se perdre.

[4] M. Zittel est, à ma connaissance du moins, le premier paléontologue qui se soit efforcé de justifier la manière d'agir de Sharpe. En effet, je trouve aussi que l'avantage de pouvoir grouper les différentes formes des Nérinées en sections ou en sous-genres, ne doit point se laisser méconnaître dans un genre aussi riche en espèces.

Malgré cela, c'est d'Orbigny[1] qui a, sans aucun doute, le plus contribué à agrandir nos connaissances sur les Nérinées. Outre sa publication dans la Paléontologie française, de 92 espèces nouvelles, il a le premier fixé et proposé une diagnose générique qui contient toutes les distinctions importantes du genre et comprend des coquilles de forme très-variable, mais qui sont reliées entre elles par des caractères généraux communs à toutes. Cette diagnose, que je n'ose ici passer sous silence, est la suivante : coquille plus ou moins allongée, turriculée, composée d'un grand nombre de tours ombiliqués ou non. Bouche étroite, carrée, ovale ou allongée, toujours pourvue en avant d'un canal profond et en arrière d'un sinus qui laisse en s'oblitérant près de la suture, une double ligne ou bande suturale analogue à celle que l'on peut observer chez les Pleurotomaires. Columelle rarement creuse, toujours encroûtée et pourvue généralement de gros plis transverses qui se continuent sur toute la longueur de la coquille, mais se modifient suivant leur plus ou moins grand éloignement de la bouche. Labre souvent chargé de plis, ceux-ci correspondant alors à l'intervalle des plis columellaires (Spindelfalten Zitt., columellar-folds Stol.) et variant de forme comme ceux de la columelle (*Pal. franç., Gastérop. jurassiq.*).

Après les savantes recherches du célèbre paléontologue français, les Nérinées ont été encore jusqu'à ces derniers temps, l'objet d'études aussi intéressantes qu'instructives de la part de MM. Eichwald (1851-1860), Buvignier (1852), F. Rœmer (1852), Zekeli (1852),

[1] *Paléont. franç. : terr. crétacés*, 1840; *Revue zoolog.*, 1841 ; *Prodr. paléont.*, 1849; *Paléont. franç. : terr. jurassiq.*, 1850.

Peters (1855), Mortillet (1856), Quenstedt (1856-58), Conrad (1857), Coquand (1859), Étallon (1859-1863), Contejean (1860), Pictet (1862), Credner (1863), Schauroth (1865), Stoliczka (1865-68), Gemmellaro (1865-69), Meneghini (in Gemm.), de Loriol (1866-1874), Costa (1866), Montagna (1866), Ooster (1869), Greppin (1870) et Zittel (1873). Nous aurons l'occasion de revenir en partie dans les lignes suivantes sur les observations de quelques-uns de ces savants.

Les caractères les plus importants du genre Nérinée sont, sans contredit, la présence d'un sinus sutural ainsi que de la double bande du sinus[1]. Celui-là qui, comme nous l'avons vu précédemment, fut découvert par Voltz et décrit plus en détail par d'Orbigny, n'est mentionné, dans l'ouvrage de ce dernier auteur, dans aucune des nombreuses figures dont la bouche se trouve souvent même restaurée. Zittel excuse cependant cette erreur en faisant remarquer avec raison que des exemplaires avec ouverture conservée sont d'une extrême rareté. Ainsi les collections paléontologiques du musée de Munich, par exemple, ne possèdent que six exemplaires où ce sinus puisse être véritablement bien étudié; ce sont les *Ner. Bruntrutana* Th., *Cœcilia* Orb., *Defrancei* Orb., *melanioides* Zitt., *Moreaui* Orb. et *pygmea* Zitt.

Le sinus sutural se rencontre en général toujours chez les Nérinées à ouverture allongée; il est ici d'autant plus long et prononcé que celle-ci est allongée. Chez les formes à bouche déprimée, subquadratique ou arrondie et

[1] Pictet et Stoliczka contestent cette bande du sinus aux formes du sous-genre Cryptoplocus, ainsi qu'à une partie des Itieria; mais leurs observations reposent, d'après Zittel, sur des matériaux insuffisants et défectueux.

où la columelle n'est que plus ou moins perforée, comme chez les *N. depressa* Voltz, *Bruntrutana* Th., ce sinus se réduit à une échancrure à peine visible dont la présence ne peut être constatée que par une légère inflexion des stries d'accroissement du labre.

La présence de plis columellaires et labraux[1] constants sur toute la longueur de la coquille, forme le caractère le moins persistant et cependant le plus marquant de ce genre. En effet, les sections longitudinales sur lesquelles on les étudie présentent très-souvent, si elles ne passent pas exactement par l'axe de la coquille, de grandes différences auxquelles il faut bien prendre garde de ne pas donner trop d'importance, sans quoi on se trouverait facilement conduit à multiplier les espèces à l'infini. Le nombre de ces plis varie jusqu'à dix; leur forme est tantôt simple, tantôt lobée; leur position sur la columelle, le labre ou le bord inférieur[2], des plus variables[3]. Quant à la forme extérieure et à l'angle spiral, ils diffèrent souvent beaucoup dans la même espèce et se modifient avec l'âge.

Zittel résume dans sa diagnose générique les différents nouveaux points de vue que nous venons de développer; comme on pourra, du reste, facilement s'en assurer en les comparant, cette caractéristique diffère par là

[1] Aussenfalten, Zitt.; Wandfalt. ou labral-folds, Stol.

[2] Bord labro-columellaire, Trib.; Innenfalten, Zitt.; Dachfalt. ou top-folds, Stol.

[3] On sait que d'Orbigny range parmi les Nérinées un certain nombre de formes qui sont caractérisées par l'absence complète de ces plis et chez lesquelles la forme extérieure ainsi que la présence du sinus sutural restent seules comme signes distinctifs. Ces espèces, exclues par Sharpe et Woodward (*Conchyliologie*, p. 255) du genre Nérinée, composent le sous-genre Aptyxis de M. Zittel.

déjà sensiblement de celle de d'Orbigny : « Coquille ovale allongée, conique, turriculée ou presque cylindrique. Ouverture quadratique, ovale ou allongée, munie d'un court canal à sa partie supérieure. Labre infléchi en forme de S, muni d'un sinus étroit immédiatement au-dessus de la suture, sinus qui laisse en s'oblitérant une étroite bande suturale. Stries d'accroissement fortement infléchies en arrière près de la suture. Columelle solide ou perforée, munie presque toujours de plis constants sur toute la longueur de la coquille. Labre et bord inférieur munis aussi généralement de plis. »

Il sera ainsi facile de voir par ce qui précède, que le genre Nérinée se compose d'un nombre assez considérable d'espèces très-variables, mais qui sont toutes reliées entre elles par des caractères généraux tels que, par exemple, le sinus sutural. On ne s'étonnera donc pas de trouver actuellement des paléontologues qui aient essayé de subdiviser ce genre et d'en distinguer des groupes d'espèces se rattachant secondairement entre elles par certains caractères généraux.

Outre Sharpe, dont la tentative peut être considérée comme plus ou moins échouée et sur laquelle nous allons du reste revenir, ce furent Mathéron, Pictet et Stoliczka qui séparèrent les premiers chacun un ensemble de formes du genre déjà existant (*Itieria, Cryptoplocus, Itruvia*). Tout dernièrement enfin, M. Zittel a repris cette subdivision commencée, l'a critiquée et heureusement achevée. Ce sont ces études et observations du célèbre paléontologue de Munich que j'ai l'intention de résumer et de développer ici; elles sont d'autant plus importantes pour notre Jura, qu'on y trouve une révision et une classification de toutes les espèces qui s'y trouvent.

Nous avons vu précédemment quels étaient les quatre sous-genres de Sharpe. Je vais en donner maintenant les diagnoses telles qu'il les a lui-même fixées :

1° *Nerinea* : Columelle solide ou perforée; 2—3 plis simples columellaires, 1—2 labraux.

2° *Nerinella* : Columelle solide; 0—1 pli simple columellaire, 1 labral. Ouverture plus longue que large. Coquille turriculée ou subcylindrique.

3° *Trochalia* : Columelle perforée; 1 pli simple columellaire; 0—1 labral. Coquille ordinairement conique.

4° *Ptygmatis* : Columelle solide ou perforée; généralement 3 plis columellaires, 1—3 labraux. Un ou plusieurs de ces plis sont lobés ou plus larges à l'extérieur qu'à la base.

Comme Sharpe n'attache que peu d'importance à la forme extérieure des Nérinées et réunit dans deux de ses sous-genres (*Nerinea, Ptygmatis*) des formes ombiliquées et d'autres non perforées, il ne nous reste plus pour la distinction des sous-genres *Nerinea, Nerinella* et *Trochalia* que le nombre et la position des plis. Mais, comme nous l'avons du reste vu déjà précédemment, ceux-ci forment un indice des plus variables qui, quoique excellent pour la détermination des espèces, ne peut absolument servir à caractériser des groupes entiers.

Quant à la séparation des Nérinelles et des Trochalies, la présence d'une columelle solide ou perforée qui doit en être le seul caractère distinctif (le nombre des plis étant chez les deux la plupart du temps le même), ne peut l'être véritablement, puisque Sharpe lui-même range dans

ses Nérinées et dans ses Ptygmatis des formes ombiliquées avec d'autres non perforées.

.Nous voyons ainsi que parmi les quatre sous-genres de Sharpe, il n'y en a qu'un seul dont la diagnose fut assez suffisante pour le laisser subsister plus longtemps. En effet, Zittel a aussi conservé le sous-genre *Ptygmatis* dans la nomenclature zoologique en en détaillant cependant encore la caractéristique que l'on peut fixer comme suit : « Coquille allongée, généralement ombiliquée, plus rarement non perforée, le plus souvent à surface lisse. Ouverture quadratique. Tours de spire croissant régulièrement et ne se recouvrant pas les uns les autres. Columelle, labre et bord inférieur munis généralement de 5—7 plis dont plusieurs ou même tous sont lobés. »

Quoique les Ptygmatis soient ainsi caractérisées principalement par la présence de plis lobés, il est à remarquer que ceux-ci se rencontrent, du reste, aussi chez les Itieria et chez quelques Nérinées typiques (*N. crenata* Mü., *Fleuriauxi* Orb., *Goldfussi* Orb., *Suessi* Pet.). Malgré cela cependant, les formes allongées et à plis lobés des Ptygmatis se distinguent facilement des Nérinées proprement dites. En effet, ce sous-genre (que Zittel divise encore suivant que les espèces qu'il renferme sont ombiliquées ou non) forme un groupe naturel chez lequel la présence de plis lobés est constamment liée au manque total d'ornements sur la coquille. Toutes les espèces connues jusqu'ici possèdent généralement une coquille à surface lisse où la suture ne se trouve que rarement ornée d'une rangée de bourrelets plus ou moins prononcés (*Pt. Haueri* Pet.).

Ces formes qui apparaissent avec les terrains oolithiques supérieurs (*Pt. Axonensis*, Orb., *bacillus* Orb., *im-*

plicata Orb., *trachœa* Desl., *triplicata* Voltz, etc.), atteignent dans le Jura supérieur leur plus haut développement. A partir de cet horizon, elles diminuent peu à peu jusque dans la Craie supérieure où elles disparaissent. Les terrains jurassiques supérieurs en renferment douze espèces, les terrains tithoniques dix. Les quelques espèces crétacées (Zittel en mentionne neuf) paraissent se relier plutôt aux formes tithoniques et à celles du Jura supérieur, de telle manière que ce sous-genre nous offre ainsi peu d'importance pour la détermination des horizons géologiques de ces deux terrains.

Dans les terrains jurassiques supérieurs du Jura, les Ptygmatis sont réparties comme suit : Corallien 4, Astartien 4, Ptérocérien 4, Portlandien 3.

Ce sont :

A. *Espèces ombiliquées.*

		[1] C.	A.	P[1].	P[2].
Ptygm.	Bruntrutana, Th. (Mandelslohi[2], Bronn)	1	1	1	1
»	crassa, Et.	1	.	.	.
»	Elea, Orb.	.	1	1	1
»	pseudo-Bruntrutana, Gemm. (Carpathica[3], Et.; Goldfussi, Th.)	.	1	1	.

[1] C=Corallien, A=Astartien, P[1]=Ptérocérien, P[2]=Portlandien.

[2] Les recherches et critiques de Zeuschner, Peters, Credner, Étallon et Zittel nous ont montré que cette espèce, créée par Bronn, n'est qu'une variété de la *Pt. Bruntrutana* à ombilic plus grand, à tours de spire légèrement convexes et à suture profonde, enfin à angle spiral plus obtus, tandis que celle-ci contient les formes plus petites à angle spiral relativement aigu.

[3] Cette espèce, que nous avons jusqu'ici toujours regardée comme étant celle fixée par Zeuschner, vient d'être étudiée plus particulièrement par Gemmellaro dans ses ouvrages sur le terrain tithonique de la Sicile. Il résulte de ses observations que la *Pt. Carpathica* des géologues jurassiens et principalement de la *Leth. Bruntrutana*, est bien différente de l'espèce de Zeuschner. Il suffit, pour s'en assurer, de jeter

B. *Espèces non perforées.*

		C.	A.	P[1].	P[2].
Ptygm.	Clio, Orb. (Clioïdes, Et.).............	1	1	.	.
»	erronea, Zitt. (Bruntrutana, Orb.; Orbignyi[1], Th.)........................	.	.	1	1
»	tortiplicata, Et.........................	1	.	.	.

Le sous-genre *Itieria* de Mathéron a été créé spécialement pour la *Tornatella Cabaneti* Orb. (*Revue zoolog.*, 1841) du Corallien d'Oyonnaz (Ain)[2]. Mathéron donne la diagnose suivante de cette espèce : « Coquille ombiliquée, ventrue, subovoïde ou subcylindrique suivant qu'elle est jeune ou adulte. Spire tout à fait enveloppée dans le jeune âge et composée chez les adultes d'un grand nombre de tours dont le dernier est très-grand par rapport à la longueur de la coquille. Sommet de la spire très-obtus. Bouche étroite, longitudinale, élargie en avant où elle présente un évasement ou canal rudimentaire. Labre et columelle chargés de plis constants. »

En même temps que Mathéron, d'Orbigny publia aussi une note où il réclame la priorité de publication et maintient que cette espèce est une vraie Tornatelle. Cependant, quelques années plus tard, il reconnut son erreur et la rangea alors parmi les Nérinées (*Prodr. Paleontol.*).

Oublié pendant longtemps, ce sous-genre fut repris en

un coup d'œil sur la table II *a* des *Studii paleont.* Les différences qui séparent ces deux formes sont, il est vrai, peu considérables, mais cependant suffisantes pour la distinction de deux espèces. La vraie *Pl. Carpathica* est caractérisée, en effet, par une suture profonde qui fait distinctement ressortir la séparation des tours de spire ; chez la *Pl. pseudo-Bruntrutana*, en revanche, celle-ci manque complétement.

[1] Ce nom, employé déjà par Zeuschner pour une espèce tithonique, vient d'être changé par Zittel dans son ouvrage précédemment cité.

[2] *Bulletin de la Société géol. de France*, 1re série, vol. XIII, 1842.

1862 par Pictet dans la Paléontologie de Sainte-Croix. En effet, la découverte de deux espèces nouvelles dans l'Urgonien de cette localité lui avait fait penser qu'il y aurait avantage à ne pas abandonner plus longtemps le groupe de Mathéron; car il est difficile, en l'absence des caractères de l'animal, de ne pas tenir quelque compte des différences de formes. Du reste, comme il était aussi impossible de méconnaître l'analogie de ces espèces avec l'*It. Cabaneti*, Pictet ne pouvait faire autre chose que de les placer dans ce sous-genre en en modifiant seulement un peu la diagnose, comme suit : « Coquille ventrue, subovoïde ou subcylindrique, à spire courte ou même enveloppée[1]. Bouche étroite, longitudinale, terminée en avant par un canal rudimentaire et en arrière par un sinus étroit[2]. Columelle portant de forts plis. Labre tantôt simple, tantôt denté, tantôt muni de plis momentanés. »

Dans son ouvrage sur les Cretac. Gastrop. of South India, Stoliczka a développé une autre manière de voir et range parmi les Itiéries toutes les Nérinées ombiliquées dont le dernier tour de spire se distingue par sa grandeur ainsi que par sa forme ovale ou cylindrique. Zittel fait remarquer à ce propos que Stoliczka attache aussi une importance trop grande au canal columellaire qui doit distinguer les espèces de ce sous-genre. Ainsi chez

[1] Quant à la longueur de la coquille dont Mathéron et Pictet regardaient la dimension restreinte comme caractéristique, Stoliczka fait remarquer qu'elle varie assez dans la même espèce, de telle manière que nous trouvons ainsi réunies ensemble des formes à spire enfoncée avec d'autres à forme turriculée.

[2] La bande du sinus, contestée par Stoliczka dans ce sous-genre, existe suivant Zittel chez toutes les espèces jurassiques et tithoniques, même chez l'*It. Moreaui* dont ce savant est parvenu à préparer le sinus sutural.

l'*It. Cabaneti*, par exemple, l'espèce typique du groupe, ce canal se trouve réduit à une faible échancrure; il en est de même des *It. pupoides* Orb., *Stasyci* Zeusch., etc. La présence d'une columelle perforée ne peut servir non plus de caractère sous-générique; car quoique la plupart de ces Itiéries soient, il est vrai, ombiliquées, il y a cependant aussi plusieurs espèces chez lesquelles l'ombilic n'existe plus que sous la forme d'une fente très-étroite (*It. pygmea* Zitt.) et même quelques-unes aussi où il manque complétement (*It. subfusiformis* Gemm.).

Zittel vient de résumer les études de Mathéron, Pictet et Stoliczka sur ce sous-genre et d'en fixer comme suit la diagnose générale : « Coquille ovale-allongée, ombiliquée (très-rarement non perforée); spire courte ou allongée, quelquefois enfoncée. Dernier tour de spire très-grand, ovale ou cylindrique et enveloppant en partie les tours précédents. Ouverture étroite et allongée. Columelle toujours, labre et bord inférieur généralement munis de plis simples ou lobés. »

Enfin, Zittel réunit encore à ce sous-genre le groupe de formes distingué par Stoliczka sous le nom de *Itruvia*[1]. Il fait remarquer avec raison que la seule différence entre ces deux sous-genres consiste dans la columelle solide et dans le développement rudimentaire du canal columellaire des Itruvia. Mais nous venons de voir que parmi les Itieria nous trouvons aussi quelques formes non-perforées; quant au canal columellaire, il y est aussi souvent réduit à une si faible échancrure (It. Cabeneti, etc.), que l'on est à se demander s'il peut encore garder ce nom.

[1] Ce sous-genre, fondé sur les *Itier. truncata* et *umbonata*, P. et C., renferme cinq espèces des terrains crétacés de France, de Suisse, de Bohême et des Indes.

Quant à la subdivision de ce sous-genre, Zittel y distingue deux groupes, suivant que les plis sont simples ou lobés.

Commençant avec le Corallien, les Itiéries disparaissent avec les terrains crétacés supérieurs et paraissent acquérir leur plus grand développement dans la Craie inférieure[1] d'où l'on connaît actuellement, grâce aux travaux de Phillips[2], d'Orbigny, Pictet, Stoliczka, Gemmellaro, Costa et Montagna, environ 60 espèces. Zittel mentionne 7 espèces des terrains jurassiques supérieurs, 19 dans les terrains tithoniques et 55 dans les terrains crétacés.

Les espèces des terrains jurassiques supérieurs du Jura y sont réparties comme suit : Corallien 7, Astartien 3, Ptérocérien 0, Portlandien 1.

Ce sont :

A. *Espèces à plis simples.*

	C.	A.	P[1].	P[2].
Itier. Cabaneti, Orb.	1	.	.	.
» Clymene, Orb.	1	.	.	.
» fusiformis, Orb.	1	.	.	.
» Moreaui, Orb.	1	1	.	.
» Mosæ, Dsh. (costulata, Et.)	1	1	.	.
» ? Perroni, Et.	.	.	.	1
» pupoides, Orb.	1	.	.	.

B. *Espèces à plis lobés.*

	C.	A.	P[1].	P[2].
Itier. Nogreti, G. et O.	1	.	.	.
» Renevieri, Lor.	.	1	.	.

Après Mathéron, ce furent Pictet et Campiche qui, dans leur Paléontologie de Sainte-Croix, distinguèrent

[1] Zittel le mentionne à tort, croyons-nous, comme ayant eu lieu dans les terrains tithoniques.

[2] *Geology of Yorkshire*, 1829.

encore un troisième sous-genre parmi les Nérinées, c'est-à-dire le groupe des *Cryptoplocus*[1], dont Pictet donne la diagnose suivante : « Coquille ayant la forme des Nérinées, ombiliquée ou non, à test épais, ni lisse ni poli. Bouche carrée, sans canal columellaire[2] ni sinus sutural, munie d'un seul pli placé sur la cloison qui sépare deux tours consécutifs. En outre, le moule de ces formes manque du sillon caractéristique des Nérinées et ne présente extérieurement que des tours arrondis comme les Cérithes ou les Turitelles[3]. »

Pictet place les Cryptoplocus, comme genre particulier et distinct, entre les Pyramidellides et les Cérithides. Il fait ressortir d'un côté leur ressemblance avec les Cérithides par leur pli unique, placé dans l'ouverture exactement comme chez le *Cer. nodulosum;* de l'autre, leur parenté avec les Pyramidellides à cause de leur bouche carrée, arrondie et sans sinus sutural. Il constate aussi que les espèces ombiliquées ont une grande analogie avec les Niso (*Bonellia* Dsh.) dont un pli dans leur ouverture en ferait de véritables Cryptoplocus.

Les formes qui constituent ce sous-genre seraient aussi

[1] Dans sa *Monogr. paléont. du Jura supér. Boulonnais*, I : *Céphalop. et Gastérop.*, 1874, M. de Loriol vient de reprendre, comme synonyme de ce sous-genre, la section *Trochalia* de Sharpe. Mais nous venons de voir précédemment les raisons pour lesquelles ces subdivisions de l'auteur anglais ne doivent être regardées que comme n'ayant plus qu'un intérêt purement historique.

[2] Pictet ne mentionne cependant que sous réserve l'absence de ce caractère et fait remarquer qu'une étude suivie et approfondie de ces formes en fera probablement découvrir la présence ; dans ce cas, les Cryptoplocus devront être décidément rangés parmi les Cérithides (Pictet).

[3] Le pli du bord inférieur redevient cependant apparent si on détache un des tours du précédent ou bien si on envisage le moule sur une coupe longitudinale.

caractérisées par le manque de plis columellaires et labraires, par une ouverture déprimée, quadratique ou arrondie et par l'absence du sinus sutural ainsi que du canal columellaire ; enfin, le caractère principal consiste dans la présence d'un pli unique sur le bord inférieur, pli qui rappelle beaucoup celui que possèdent quelques Cérithes vivants tels que le *Cer. nodulosum.*

Quant à ce qui concerne l'ouverture qui, comme Pictet l'a justement remarqué, n'a jusqu'ici pu être encore observée parmi les formes de ce sous-genre, Zittel remarque que le canal columellaire qui existe véritablement doit être très-peu profond, du moins d'autant que l'on peut en conclure de l'inflexion des stries d'accroissement chez des exemplaires bien conservés. Les Ptygmatis nous offrent, du reste, chez quelques-unes de leurs espèces (*Pt. Bruntrutana*), une ouverture possédant la même forme; le canal ordinaire des Nérinées typiques s'y trouve aussi réduit à une échancrure à peine visible.

Le sinus sutural dont Pictet et Stoliczka ont voulu nier l'absence vient d'être aussi signalé par Zittel chez chacune des quelques formes de ce sous-genre. Ce savant mentionne que lorsque les stries d'accroissement sont bien conservées, il est facile de les voir s'infléchir en arrière vers la suture et de trouver au moyen de la loupe la double ligne suturale.

Ensuite de ses nouvelles recherches, Zittel propose enfin de fixer comme suit la diagnose de ce sous-genre : « Coquille allongée, conique, ombiliquée, très-rarement non-perforée, à surface généralement lisse. Ouverture déprimée, quadratique ou arrondie, munie à sa partie supérieure d'un canal très-peu profond qui manque presque totalement chez plusieurs espèces. Tours de spire

nombreux, ne se recouvrant pas les uns les autres. Columelle et labre sans plis. Bord inférieur muni d'un pli simple très-prononcé et constant sur toute la longueur de la coquille. »

Les Cryptoplocus sont, après les Aptyxis, les Nérinées dont la répartition stratigraphique est la plus limitée. Ils apparaissent, en effet, avec le Corallien [1], disparaissent avec les terrains crétacés moyens et paraissent acquérir dans les terrains tithoniques leur plus grand développement. Les espèces rentrant dans ce sous-genre sont, du reste, peu nombreuses. Zittel en mentionne 15, dont 6 du Jura supérieur, 9 tithoniques et 3 des terrains crétacés inférieurs et moyens.

Les quelques rares espèces des terrains jurassiques supérieurs du Jura y sont réparties comme suit : Corallien 1, Astartien 1, Ptérocérien 3, Portlandien 2. Ce sont :

	C.	A.	P^1.	P^2.
Cryptopl. depressus, Voltz (macrogonius, Th.; Sinensis, Et.; subpyramidalis, Orb.; umbilicatus, Orb.)	1	1	1	1
» pyramidalis [2], Mü.	.	.	1	.
» subpyramidalis, Mü.	.	.	1	1

[1] La question posée par Pictet et Stoliczka de savoir si le *Trochus monoplicus*, Orb. du lias moyen (Niso *Eug. Desl.*, *in Bull. de la Soc. linnéenne Normandie*, vol. V, 1860) ne serait point aussi un Cryptoplocus, est niée par Zittel qui a prouvé chez cette espèce l'absence de la double bande suturale qui, comme nous l'avons vu précédemment, est un des caractères essentiels du genre Nérinée. Stoliczka fait aussi remarquer que cette espèce ne peut rentrer dans le genre Niso, puisqu'elle possède un pli columellaire distinct et prononcé ; il pense plutôt que dans le cas où la diagnose des Cryptoplocus ne pourrait être changée, par rapport à la position variable du pli unique, cette forme pourrait bien servir de base à un genre nouveau.

[2] Cette espèce ne doit pas être confondue avec la *Ner. pyramidalis*, Grepp., qui est une Nérinée proprement dite.

Les Ptygmatis, Itieria et Cryptoplocus étant ainsi séparés comme sous-genres des Nérinées, il nous reste encore pour le groupe *Nerinea* proprement dit, un très-grand nombre de formes auxquelles on peut appliquer la diagnose originale de Defrance précisée comme suit par Zittel : « Coquille allongée, conique, pyramidale ou presque cylindrique, non perforée, plus rarement ombiliquée. Ouverture quadratique ou arrondie. Tours de spire croissant régulièrement et ne s'enveloppant pas les uns les autres. Columelle toujours, labre et bord intérieur ordinairement munis de plis simples.

En comparant cette diagnose avec celle des sous-genres précédents que l'on peut regarder comme des groupes de Nérinées plus ou moins anomaux et qui ne renferment chacun qu'un nombre limité de formes, il sera facile de voir que la plupart des Nérinées doivent rentrer dans ce sous-genre ; en effet, Zittel estime à un peu plus des deux tiers le nombre des espèces renfermées ici. Aussi ce savant a-t-il profité de ce nombre plus ou moins considérable d'espèces pour subdiviser les Nérinées proprement dites d'après le nombre de leurs plis[1] ; il est ainsi

[1] D'après ce que nous avons dit précédemment sur le peu de constance de ce caractère, il semblerait peut-être extraordinaire que Zittel l'ait justement choisi pour subdiviser les espèces de ce sous-genre. Cependant il fait remarquer assez en détail comme quoi le nombre des plis, qui ne peut être utilisé pour la distinction des sous-genres, est très-propre à distinguer les différents groupes de formes d'une seule et même section. Si l'on veut, en effet, ainsi diviser les Nérinées proprement dites en sections, afin de rapprocher les unes des autres les formes qui offrent entre elles des caractères généraux communs, on devra en premier lieu tenir compte des plis dont le nombre, la forme et la position sont généralement constants dans la même espèce. Les plis principaux, toujours très-développés, ne subissent pour ainsi dire aucun changement ; ce ne sont que les plis intermédiaires peu pro-

parvenu à y distinguer six sections, suivant que ce nombre est plus grand que cinq ou varie jusqu'à un seul. Les Nérinées avec plus de cinq plis sont extrêmement rares et ne renferment d'après Zittel qu'une seule espèce (*N. crebriplicata* Zitt. du Tithon. inf.); celles avec cinq, quatre, deux ou un pli[1] sont plus ou moins rares; celles avec trois plis enfin sont les plus nombreuses et aussi les plus fréquentes.

Le sous-genre Nerinea proprement dit apparaît avec le Bathonien (oolite subcompacte et calcaires à polypiers) et ne disparaît qu'avec les terrains crétacés supérieurs. Peu nombreuses encore dans les terrains oolitiques et oxfordiens, ces espèces atteignent tout d'un coup leur apogée dans le Corallien. Dans l'Astartien inférieur elles sont de nouveau très-peu nombreuses, mais augmentent alors en nombre depuis là jusque dans le Tithonique inférieur d'où Zittel mentionne 35 espèces. De là enfin elles diminuent peu à peu pour s'éteindre bientôt entièrement. Des 140 espèces jurassiques et tithoniques mentionnées par Zittel dans son ouvrage, 2 sont oxfordiennes, 69 coralliennes, 7 astartiennes, 11 ptérocériennes, 15 portlandiennes, 35 proviennent du tithonique inférieur, 11 enfin du tithonique supérieur.

Les nombreuses espèces des terrains jurassiques supérieurs du Jura se répartissent comme suit: Pholadomien

noncés de la columelle et du labre qui disparaissent de temps en temps, de telle manière que nous trouvons souvent chez une seule et même espèce des individus munis, par exemple, de trois ou quatre plis principaux et d'un pli intermédiaire qui manque complétement chez les autres.

[1] Ce groupe n'a point de représentants dans les terrains jurassiques supérieurs du Jura; les six espèces qu'il contient sont tithoniques ou proviennent du Jura supérieur du Wurtemberg (Nattheim).

3, Corallien 44, Astartien 28, Ptérocérien 21, Portlandien 25.

Ce sont :

B. *Espèces avec cinq plis.*

	[1] P.	C.	A.	P[1]	P[2].
Ner. Valfinensis, Et.	.	1	.	.	.

C. *Espèces avec quatre plis.*

(3 sur la columelle et le bord infér., 1 sur le labre.)

	[1] P.	C.	A.	P[1]	P[2].
Ner. Cassiope, Orb.	.	1	.	.	.
» Bruckneri[2], Th.	.	.	1	1	1
» nodosa, Voltz (Calypso[3], Orb.)	.	1	1	.	.
» vertebralis, Et.	.	1	.	.	.

D. *Espèces avec trois plis.*

(1 columell., 1 labral, 1 sur le bord infér.)

	[1] P.	C.	A.	P[1]	P[2].
» Acreon, Orb.	.	.	1	.	.
» Allica, Orb.	1	.	.	.	.
» amata Orb. (albella, Th.)	.	1	.	.	.
» ararica, Et.	.	1	.	.	.
» Bernardi, Orb.	.	1	.	.	.
» Bernojurensis, Et.	.	.	.	1	.
» bicristata, Et.	.	.	1	1	1
» binodosa, Et.	.	1	.	.	.
» Caecilia, Orb.	.	1	.	.	.
» canaliculata, Orb.	.	1	.	.	.
» Castor, Orb.	.	1	1	1	1
» Charcennensis, Et.	1	.	.	.	.

[1] P Pholadomien.

[2] A l'exemple de Contejean, je ne crois pas que l'on doive attribuer à la *N. styloidea* les formes allongées de cette espèce comme Étallon l'a fait. Les ornements de ces deux espèces diffèrent du reste beaucoup et l'inclinaison des tours est sensiblement autre.

[3] L'étude des exemplaires originaux de Voltz a engagé Zittel à réunir cette espèce à la *N. nodosa*. D'après la description et les figures qu'en donne d'Orbigny, l'identité de ces deux espèces ne peut être,

	C.	A.	P¹.	P².
Ner. Chopardi, Coq.	.	.	.	1
» contorta, Buv. (perextensa, Grepp.)	1	.	.	.
» cylindrica, Voltz	.	.	.	1
» Cynthia, Orb.	1	.	.	.
» Danusensis, Orb.	1	1	1	1
» Defrancei, Dsh.	1	1	1	1
» elatior, Orb.	.	.	.	1
» elegans, Th. (subelegans, Et.)	1	.	.	.
» elongata, Voltz	1	.	.	.
» Elsgaudiæ, Th	.	1	1	1
» Erato, Orb.	.	.	1	1
» exilis, Et.	.	1	.	.
» fallax, Th.	.	1	1	1
» fasciata, Voltz	1	1	.	.
» Gaudryi, Orb.	1	.	.	.
» Goodhalli, Sow.	.	1	.	.
» incisa, Et.	1	.	.	.
» Kohleri, Et.	1	1	.	.
» Laufonensis, Th.	1	.	.	.
» Laufonensis-Astartina, Grepp.	.	1	.	.
» Mariæ, Orb.	.	.	1	
» Meriani, Et.	.	.	.	1
» Monsbeliardensis, Ctj.	.	1	1	.
» multistriata, Et.	.	1	.	.
» Münsteri, Et.	.	.	1	.
» Mustoni, Ctj.	1	1	1	.
» Nantuacensis, Orb.	1	.	.	.
» ornata, Orb.	.	1	.	.
» perstricta, Et.	.	.	.	1
» pretiosa, Voltz.	1	.	.	.
» pyramidalis, Grepp.	1	.	.	.
» Revoni, Et.	.	.	.	1

il est vrai, supposée; cependant Zittel fait remarquer que les exemplaires figurés dans la *Paléontologie française* ont été choisis à dessein avec des caractères différents et que d'Orbigny a voulu ignorer les formes intermédiaires.

		C.	A.	P[1].	P[2].
Ner.	Rinaldi. Et.	.	.	.	1
»	Roemeri, Phill.	1	.	.	.
»	Salinensis, Orb.	.	.	1	1
»	Santonensis, Orb.	.	1	.	.
»	scalata, Voltz	1	.	.	.
»	sculpta, Et.	1	.	.	.
»	semicylindrica, Et.	.	.	1	.
»	semiscalata, Et.	1	.	.	.
»	semiturritella, Et.	1	.	.	.
»	speciosa, Voltz.	1	1	1	1
»	strigillata, Credn.	1	.	.	.
»	styloidea, Ctj. (Virgulina, Et.)	1	1	1	1
»	subacicula, Et.	1	.	.	.
»	sub-Bruntrutana, Orb.	1	.	.	.
»	subcylindrica, Orb.	.	1	.	1
»	subspeciosa, Et.	1	.	.	.
»	Suprajurensis, Voltz.	1	.	1	.

		P,	C.	A.	P[1].	P[2].
Ner.	tabularis, Ctj. (bacillaris, Buv.; inornata, Orb.)	.	.	1	.	.
»	Thurmanni, Et.	.	1	.	.	.
»	tortispira, Et.	.	.	.	.	1
»	trinodosa, Voltz.	.	.	.	.	1
»	turriculata, Orb.	.	.	1	.	.
»	turritella, Voltz (subturritella, Orb.)	.	1	1	.	1
»	Ursicina, Th. (Visurgis, Orb.)	.	1	.	.	.
»	vaginata, Th.	.	1	1	.	.
»	virginea, Et.	1	.	.	.	.
»	Visurgis, R.	.	1	1	1	.

E. *Espèces avec deux plis.*

		P,	C.	A.	P[1].	P[2].
Ner.	Grayensis, Et.	.	.	.	.	1
»	grandis, Voltz.	.	.	.	1	1
»	Gosæ, R. (Desvoidyi[1], Orb.)	.	1	1	1	1

[1] Cette espèce, regardée pendant longtemps comme distincte de la

Nous avons vu précédemment que d'Orbigny rangeait parmi les Nérinées un certain nombre de formes qui sont caractérisées par l'absence complète de plis, mais chez lesquelles la forme extérieure ainsi que le canal columellaire et le sinus sutural restent seuls comme caractères distinctifs. Nous avons aussi vu qu'elles étaient exclues du genre Nérinée par Sharpe et Woodward. Zittel a repris la manière de voir de d'Orbigny et a séparé des Nérinées proprement dites ces formes comme cinquième et dernier sous-genre, auquel il donne le nom d'*Aptyxis* (α priv., πτύξις, pli) et qu'il caractérise par la diagnose suivante : « Coquille très-allongée, turriculée ou presque cylindrique, non-perforée (rarement ombiliquée?). Ouverture quadratique ou allongée. Tours de spire ne s'enveloppant pas les uns les autres. Columelle, labre et bord inférieur sans plis. » Ces espèces (Zittel en mentionne 11) dont la plupart sont rangées encore aujourd'hui parmi les Turritelles ou les Cérithes, paraissent être limitées aux terrains jurassiques supérieurs.

Les quelques formes provenant des terrains jurassiques supérieurs du Jura y sont réparties comme suit : Corallien 4, Astartien 4, Ptérocérien 4, Portlandien 0.

N. Gosæ R. me paraît n'en être qu'une simple variété. Autant que je puis en juger par les nombreux exemplaires que j'en ai eu sous les yeux, ces deux formes ne me semblent pas devoir former des espèces distinctes. Déjà Thurmann, Contejean et Greppin ont reconnu l'identité de ces deux formes. Étallon seul, qui veut reconnaître une différence d'allure dans ces deux espèces, figure sous le nom de *N. Gosæ*, un exemplaire identique à la *N. Desvoidyi* représentée par d'Orbigny. Ajoutons encore que malgré cela, M. de Loriol tient cependant les deux espèces séparées (*Monogr. paléont. Jura supér. Haute-Marne*, 1872 ; *Jura supér. Boulonnais*, I : *Céphalop. et Gastérop.*, 1874).

Ce sont :

	C.	A.	P[1].	P[2].
Aptyx. Altenensis, Orb.	.	1	.	.
» Arcensis, Et.	.	.	1	.
» Clytia, Orb.	1	.	.	.
» Corallinica, Et.	.	1	.	.
» exarata, Ctj.	.	1	1	.
» Pidanceti, Et.	.	.	1	.
» retrogressa, Et.	1	.	.	.
» Ruppellensis, Orb.	1	.	.	.
» sexcostata, Orb.	1	1	.	.
» vittata, Et.	.	.	1	.

Comme cela arrive ordinairement en paléontologie quand ils ont affaire avec des formes aujourd'hui éteintes, les savants sont divisés sur la question de savoir dans le voisinage de quelle famille actuellement vivante les Nérinées doivent être placées. On est cependant généralement d'accord de les ranger, avec les Cérithides, parmi les Prosobranches siphonostomes de Keferstein, c'est-à-dire encore parmi les Gastéropodes les mieux organisés. Woodward (*Conchyliolog.* p. 255) seul, place ces deux groupes de formes dans les Prosobranches holostomes qui se distinguent par l'absence d'un canal columellaire; mais, comme celui-ci se trouve, au contraire, assez bien développé dans ces deux familles, nous ne pouvons considérer cette manière de voir comme justifiée.

Lors de la publication du genre Nérinée, Defrance était resté indécis quant à la place qu'il devait lui assigner parmi les Gastéropodes; il le rapprochait d'un côté des Cérithes à cause de la forme de son ouverture; de l'autre, il lui trouvait aussi une parenté avec les Pyramidelles à cause de ses plis columellaires. Blainville[1],

[1] *Man. de malacol. et conchyliol.* Paris, 1825.

Rang[1], Bronn[2], Quenstedt[3] et Woodward rangèrent plus tard les Nérinées dans la famille des Cérithides; Pusch, Geinitz, d'Orbigny, Pictet[4] et Stoliczka, dans celle des Pyramidellides. Blainville et Rang les rapprochent des Cérithes à cause du canal columellaire, Quenstedt à cause de leurs plis qui s'affaiblissent peu à peu vers l'ouverture de la coquille comme chez les Cérithides. D'Orbigny les place dans le voisinage des Pyramidellides à cause de leur forme turriculée et de leur ouverture munie de dents. Il trouve cependant qu'elles en diffèrent par les dents labraires qui sont constantes au lieu d'être momentanées et par le sinus de la base du labre qui suit la suture et laisse une double ligne sur cette partie. Deshayes, enfin, les regarde comme groupe intermédiaire entre les Pyramidellides et les Gastéropodes canalifères de Lamarck et émet déjà l'idée que ce nombreux genre pourrait bien former à lui seul une famille distincte et voisine des Pyramidellides. Zittel fait remarquer de son côté que ces caractères distinctifs sont trop importants pour rendre vraisemblable une parenté plus considérable des Nérinées avec les Pyramidellides qui rentrent, du reste, dans les

[1] *Man. de l'Histoire des Mollusques et de leurs coquilles*, 1829.

[2] *Jahrb.*, 1836. Dans sa *Leth. geogn.*, 2me édit., ce savant semble les placer parmi les Actéonellides, ainsi dans les Gastéropodes opisthobranches.

[3] *Handb. d. Petrefaktenk.*, 1867.

[4] Tout en plaçant les Nérinées dans la famille des Pyramidellides, Pictet fait cependant observer qu'elles se relient d'un côté aux Cérithes par les Cryptoplocus et les Cérithes à columelle dentée décrits par d'Orbigny comme Nérinées (*N. Marroti*, *Perigordina*); de l'autre, aux Tornatellides par les Itieria. Cette analogie avec cette dernière famille n'a seulement lieu que sous le rapport de la coquille; car il n'y a aucune probabilité que les Nérinées dussent être placées dans le voisinage des Gastéropodes opisthobranches.

Prosobranches holostomes. Il prétend qu'en général, dans ces rapprochements, on n'a pas attaché assez d'importance au sinus sutural ainsi qu'à la bande du sinus, caractères essentiels qui ne se retrouvent ni chez les Pyramidellides, ni chez les Cérithides. En outre, il mentionne que les Pleurotomées possèdent des caractères analogues qui servent à les distinguer des autres familles avoisinantes et, sans tirer de rapprochement définitif, il place les Nérinées comme famille distincte et séparée dans le voisinage des Pleurotomées, des Buccinides, des Cérithides et des Pyramidellides. En effet, les Nérinées me paraissent aussi se rapprocher à la fois des Pleurotomées par leur sinus sutural et leur bande du sinus, des Buccinides et Cérithides par leur canal columellaire, des Pyramidellides enfin, par leur ouverture munie de plis et leur forme allongée. Ces caractères qui ne doivent pas perdre ici leur importance, relient intimement les Nérinées à ces quatre familles. Afin de mieux résumer ce nouveau point de vue, Zittel définit comme suit la diagnose de cette nouvelle famille : « Animal inconnu. Coquille conique ou turriculée. Ouverture munie à sa partie supérieure d'un court canal ou d'une échancrure plus ou moins profonde. Labre pourvu à sa base d'un sinus étroit laissant en s'oblitérant vers la suture une double ligne suturale. Columelle, labre et bord inférieur munis généralement de plis prononcés, constants sur toute la longueur de la coquille. »

Quant au genre de vie qu'ont dû avoir les Nérinées, d'Orbigny et Pictet font remarquer qu'elles se trouvent surtout dans les couches riches en polypiers et qu'elles manquent en revanche plus ou moins dans celles qui n'en renferment que peu ou même point. Elles se rapprocheraient ainsi des Pyramidellides que l'on rencontre

plus particulièrement près des bancs de coraux des mers chaudes et caractériseraient ainsi, selon Sharpe, des eaux peu profondes. Stoliczka fait remarquer à ce propos que le nord de l'Europe ainsi que l'Amérique septentrionale sont remarquablement pauvres en Nérinées crétacées surtout, tandis que dans le sud de l'Europe elles sont trés-nombreuses; il en déduit ainsi que ces fossiles étaient, comme actuellement les Pyramidellides, surtout habitants des régions méridionales[1]. Ce savant les regarde en général comme ayant habité principalement des rivages peu profonds entre le flux et le reflux, souvent même des fonds pierreux[2].

Duvernoy[3] attribue aux Nérinées les singulières perforations des calcaires portlandiens du Jura français. Il croit que ces coquilles ont été entourées par la vase calcaire avant sa solidification et qu'ensuite elles ont été détruites et n'ont laissé que ces excavations comme trace de leur existence. Dans ce cas, celles-là ne seraient que les empreintes de ces fossiles et devraient en rendre la forme extérieure. Il n'y aurait ainsi point à penser à une perforation accomplie par ces animaux[4].

[1] Sharpe observe aussi à son tour que c'est dans les contrées méridionales (Espagne, sud de la France, Italie) qu'elles atteignent leur plus grande taille. — Ce fait confirmerait ainsi pleinement les belles recherches de M. Osw. Heer, d'après lesquelles la différence des climats a commencé à se faire sentir déjà dès l'époque crétacée inférieure.

[2] L'opinion de Bronn, d'après laquelle les Nérinées auraient vécu sur des fonds vaseux, paraît contredire la nature du facies des terrains où elles se trouvent et n'offre ainsi aucune probabilité.

[3] *Comptes rendus Acad. des Sciences*, 1849, et *Jahrb.*, 1850 (dans lequel Bronn a déjà énoncé ses doutes à l'égard de cette étrange théorie).

[4] Compar. *Perron : Étage portland. envir. de Gray*, in *Bull. Société géol. de France*, 2me série, vol. XIII, 1856.

Des représentants certains de la famille des Nérinées ne se trouvent qu'à partir des assises inférieures des terrains oolitiques supérieurs. Quelques savants ont cependant voulu en reconnaître déjà quelques espèces isolées dans les terrains triasiques et liasiques[1]; mais celles-ci sont maintenant généralement reconnues comme appartenant à d'autres genres plus anciens. C'est ainsi que Hörnes a décrit en 1856[2] une *Ner. prisca* du Trias de la Styrie inférieure, au sujet de laquelle Stoliczka remarque que la position de la columelle ainsi que celle des plis, diffère considérablement de celle des Nérinées typiques; il lui trouve en général plutôt les caractères d'un Buccinide (*Bullia*)? Dans sa « Paléontologie lombarde[3], » Stoppani en a aussi publié six espèces provenant d'Esino et qui, d'après Stoliczka, paraissent plutôt être des Chemnitzies ou des Holopelles que des Nérinées. Du reste, ni l'un ni l'autre de ces savants ne font mention d'aucun des caractères génériques et distinctifs de ce genre; les figures laissent aussi beaucoup à désirer et ne permettent pas une critique. Enfin, tout récemment encore, Moore[4] a décrit quatre espèces plus ou moins bien conservées du Lias d'Angleterre qui ne possèdent pas de bandes du sinus et chez lesquelles ne se trouve qu'un pli columellaire peu prononcé. Quant aux formes prétendues éocènes décrites par Bellardi du terrain nummulitique des environs

[1] La donnée de Holl (*Petrefaktenk.*, page 287), d'après laquelle on rencontrerait déjà des Nérinées dans le lias inférieur (calcaires à Gryphées), repose, comme Bronn l'a justement fait remarquer, sur une fausse détermination d'horizon.

[2] *Denkschrift. k. k. Wien. Akad.*, vol. XII, pars 2, 1re série.

[3] *Pétrificat. d'Esino*, 1858-1860.

[4] *Quart. Journ. geolog. Society*, 1867.

de Nice et d'Égypte[1] (*N. Supracretacea, Serapidis*), leur détermination générique me paraît fort douteuse. Pictet[2] et Zittel ont aussi justement émis leurs doutes à cet égard. Bronn et Stoliczka[3], seuls, soutiennent que ces deux espèces tertiaires ont toute l'apparence de vraies Nérinées.

Les Nérinées les plus anciennes, au nombre d'une quinzaine environ, ont été décrites par Phillips, d'Archiac, Deslongchamps, d'Orbigny, Morris et Lycett, des calcaires à polypiers du Jura français et de la grande oolite de l'Aisne, de Normandie et d'Angleterre ; elles sont caractéristiques des terrains oolitiques supérieurs en général et ne se retrouvent ni dans les terrains oxfordiens, ni dans les terrains jurassiques supérieurs. L'Oxfordien, terrain plus ou moins marneux, n'en contient que très-peu d'espèces qui sont plutôt limitées aux assises supérieures marno-calcaires et calcaréo-marneuses (mon Pholadomien). Avec le Corallien on peut bien dire que les Nérinées atteignent leur plus haut développement. En effet, nous voyons apparaître ici, pour ainsi dire subitement, une série d'environ 80 espèces toutes inconnues jusqu'alors. Comme les Nérinées sont, du reste, plus ou moins intimement liées aux conditions du sol sous-marin, nous ne devons pas nous éton-

[1] *Mém. Société géol. de France*, 2me série, vol. IV ; *Bull.*, 2me série, vol. VIII.

[2] Pictet fait remarquer (*Traité Paléontol.*, vol. III, p. 90) que la coupe représentée est oblique et imparfaite ; elle montre, il est vrai, deux plis columellaires, mais pas de plis du labre et lui rappelle, en général, beaucoup plus le type du *Cerith. giganteum* qui a aussi deux plis columellaires, que celui des Nérinées.

[3] It would not be very surprising if the specimen had got into the nummulitic beds from some adjacent cretaceous strata (*Cret. Gastrop.*, p. 179).

ner d'en rencontrer ici un si grand nombre et une variété d'espèces aussi complète. Supposons avec M. Desor[1], qu'au lieu de déposer le Corallien, la mer oxfordienne eût continué à déposer ses vases fines et homogènes, il est probable que la faune tout entière et les Nérinées en particulier s'en seraient ressenties. Au lieu des formes solides et à test épais du Corallien, nous en aurions de plus régulières et à test mince. Mais comment expliquer cette apparition subite (ainsi que tant d'autres qui lui sont semblables) ? Probablement par des oscillations du fond de l'Océan, par des affaissements et des exondements alternatifs qui ont eu pour résultat la présence de dépôts plus ou moins vaseux dans des mers profondes et tranquilles, ou bien celle de récifs coralligènes et de mers rocailleuses et peu profondes. Dans l'Astartien[2], les Nérinées sont de nouveau très-peu nombreuses; mais depuis là elles deviennent successivement toujours plus fréquentes à travers le Ptérocérien et le Portlandien. Dans le Tithonique qui effectue le passage entre les dépôts jurassiques et crétacés, ces formes paraissent atteindre leur second plus grand développement. Nous rencontrons ici, à côté des nombreuses espèces caractéristiques, d'autres qui appartiennent tant à l'une qu'à l'autre de ces formations. A partir de cette époque, les Nérinées continuent encore leur existence à travers les terrains crétacés d'où on en connaît en tout actuellement environ 80 espèces. Ce sont dans la craie inférieure, principalement le Valangien et l'Urgonien, qui en contiennent plusieurs. Le Néocomien en manque presque complétement;

[1] *Bulletin Société natur. de Neuchâtel*, 1872.

[2] Plus nombreuses dans le sous-étage supérieur calcaire, elles manquent presque complétement dans l'inférieur marneux.

il en est de même de l'Aptien et de l'Albien. Dans le Cénomanien (Quader ou Plaener inf.), elles sont encore représentées par quelques formes. Enfin, les rares espèces du Turonien (couches de Gosau, Quader moyen) sont les derniers vestiges d'un développement passé.

Apparu avec les assises inférieures de l'Oolite supérieure, complétement disparu avec le Sénonien, le genre Nérinée nous donne, comme tant d'autres, un exemple de ces familles fossiles qui ont joué dans l'histoire géologique de notre terre un rôle assez considérable et d'autant plus important qu'elles ont servi à caractériser des formations ou même des périodes entières. Telles sont les raisons qui m'ont engagé à donner ici un résumé des nouvelles études dont cette famille a été le but dans ces dernières années. J'espère que ce travail jettera quelque lumière sur ce genre aussi intéressant que curieux et pourra être d'une utilité quelconque à ceux qui s'en occuperont dorénavant.

RELATIONS

ENTRE

LES PHÉNOMÈNES CAPILLAIRES

ET LES

PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES

PAR

M. GABRIEL LIPPMANN.

(Trad. des *Annales de Poggendorff*, vol. CXLIX, n° 8, p. 546.)

Les recherches que je vais exposer ont été faites dans le laboratoire de M. Kirchhoff, et je me plais à lui exprimer ici ma vive reconnaissance pour les conseils qu'il a bien voulu me donner.

Il eût été certainement difficile de découvrir, *à priori*, des relations entre les variables électriques et ce qu'on est convenu d'appeler les constantes de la capillarité. En fait je n'y suis parvenu que peu à peu, et mes recherches ont pour point de départ l'expérience suivante qui m'avait été signalée par M. le professeur W. Kühne, de Heidelberg.

Une goutte de mercure étant plongée dans de l'acide sulfurique dilué contenant des traces de bichromate de potasse, on en rapproche un fil de fer décapé, fixé de telle sorte qu'il touche le bord de la goutte de mercure. Dès que le contact a eu lieu, on voit la goutte prendre un mouvement vibratoire régulier qui peut durer pendant des heures entières.

L'analogie entre ce phénomène et les mouvements connus des électrodes mercuriels (voir Wiedemann, Galv.,

§ 368, 1872) est des plus frappantes, et elle s'explique de la même manière. Cette explication, d'après les idées reçues jusqu'ici, peut se résumer de la façon suivante :

On admet que le liquide contenant le bichromate cause l'aplatissement de la goutte de mercure en oxydant sa surface. Il en résulte un contact intime entre le mercure et le fer qui forment alors un couple électrique. Le courant de ce couple réduit la surface du mercure par action électrolytique, et la goutte, en se contractant, se sépare du fer. Les mêmes causes reproduisent ensuite la même série de phénomènes. On peut d'ailleurs, par l'emploi d'une solution chromique suffisamment concentrée, s'assurer que les choses se passent bien réellement ainsi. Dans l'expérience ordinaire, avec une solution étendue, la surface reste, il est vrai, constamment nette. Mais comme on a pu prouver, par des mesures directes, qu'une goutte de mercure se contracte en se polarisant par l'hydrogène, on peut s'expliquer la vibration dont nous venons de parler par l'effet de la simple dépolarisation due à l'action de l'acide chromique.

Les recherches que je vais maintenant exposer montreront : *que la constante de capillarité superficielle (tension superficielle, coefficient de la formule de Laplace) relative à la surface de contact du mercure avec l'acide sulfurique dilué est une fonction constante de la force électromotrice de polarisation sur cette surface.*

I

Variation de la constante de capillarité due à la force électromotrice de polarisation.

a) *Mesures.* L'appareil se composait d'un tube de verre

vertical et calibré GG′ (Pl. II, fig. 1), communiquant par en bas au moyen d'un tube de caoutchouc, avec un réservoir de mercure A. Le mercure s'élevait ainsi dans le tube GG′ où il subissait une dépression dont la valeur mesurée au cathétomètre fournissait, à la manière ordinaire, la constante de capillarité. La partie supérieure du tube de verre était remplie d'acide sulfurique dilué (à raison de $\frac{1}{11}$ d'acide en volume) qui mouillait le ménisque M et se continuait par le siphon de verre H jusque dans le vase B également rempli d'acide dilué. Le fond de ce vase était couvert d'une couche de mercure B qui servait de seconde électrode. La pression de l'acide dilué dans le tube GG′ nécessitait naturellement une correction de la dépression capillaire du mercure. Pour développer une quantité connue de force électromotrice de polarisation que nous désignerons pour abréger par F E P, on faisait communiquer les deux masses de mercure de B et AM respectivement avec deux points P et Q du circuit d'un couple de Daniell au moyen des fils de platine α, β, que l'on peut nommer les pôles de l'appareil.

Un courant dérivé traversait ainsi l'appareil qui fonctionnait alors comme une auge de décomposition, et cela jusqu'à ce que la F E P développée égalât la différence du potentiel entre P et Q. A partir de ce moment, la F E P développée est à la force électromotrice de l'élément Daniell dans le même rapport que la résistance P Q est à la résistance totale de tout le circuit de Daniell. Ce rapport se déduisait alors de la déviation observée d'une boussole des tangentes intercalée dans le circuit. Le rapport des surfaces mercurielles en M et en B était, à dessein, rendu assez petit pour que la F E P de M fût seule à considérer. On comprend, en effet, qu'une quantité d'électri-

cité suffisante pour développer en M une intensité donnée de polarisation d'hydrogène, ne produira qu'une intensité insignifiante de polarisation d'oxygène sur une surface B égalant plusieurs milliers de fois M. Ainsi la boussole des tangentes fournissait la F E P en M à l'instant même auquel on mesurait la constante de capillarité au moyen du cathétomètre.

Il suffisait d'intercaler une simple fermeture métallique entre α et β pour annuler toute force F E P en M. — Les quantités à mesurer sont loin d'être faibles. Ainsi, dans un tube de $0^{mm},32$ de rayon, la dépression est de $14^{mm},0$ pour une F E P = 0. Pour F E P = 1 Daniell, elle est de $18^{mm},90$, ce qui donne une variation de niveau de $4^{mm},90$, soit 0,35 de la dépression normale. La constante de capillarité est donc 30,4 pour FEP = 0 et 40,6 pour FEP = 1 Daniell.

Pour mesurer plus exactement encore les variations de la constante capillaire, on a remplacé le tube GG′ par une fine pointe de verre $\gamma\gamma$ tirée au bout d'un tube quelconque (fig. 2). On versait du mercure dans ce tube jusqu'à ce qu'il remplît partiellement l'intérieur de la pointe, et l'on faisait plonger celle-ci dans de l'acide sulfurique dilué. On chassait la bulle d'air qui adhérait d'abord à l'extrémité de la pointe en comprimant un peu le mercure, on avait alors dans la pointe un petit ménisque hémisphérique [1] de mercure mouillé M, d'environ $\frac{1}{100}^{mm}$ de rayon, dont la pression capillaire faisait équilibre à celle du mercure remplissant le tube (750^{mm} de hauteur). L'acide dilué mouillait aussi une seconde masse de mercure B qui devait, comme précédemment, servir d'élec-

[1] L'angle de raccordement du mercure avec le verre sous l'acide sulfurique dilué est toujours nul.

trode positive. Les deux masses de mercure pouvaient être mises en communication avec les pôles extérieurs α et β au moyen de fils de platine.

Ces pôles étant d'abord réunis métalliquement (ce qui annulait la FEP en M), on ajustait un microscope de telle manière qu'un des fils de la croisée oculaire fût exactement tangent au ménisque vu sous un grossissement de 220 diamètres (fig. 3). Un élément Daniell étant alors intercalé entre α et β, on observait que le ménisque disparaissait du champ du microscope. Pour le ramener à la coïncidence avec le fil, il fallait augmenter la pression de la colonne soutenue par le ménisque d'une quantité que l'on peut appeler *pression de compensation.* Cette quantité est elle-même à la pression initiale dans le rapport de l'accroissement de la constante capillaire à sa valeur primitive. En effet, d'après la formule de Laplace, la courbure est supposée constante pour une position constante du ménisque, en sorte que la pression est proportionnelle à la constante. Ainsi, dans un cas, la pression de compensation s'était élevée à 260^{mm} (plus de $\frac{1}{3}$ d'atmosphère) après l'intercalation de l'élément Daniell, soit 0,35 de la valeur initiale qui était 750^{mm}: on en concluait que la constante de capillarité avait augmenté de 0,35 de sa valeur.

La pression de compensation était produite par de l'air comprimé au moyen d'une pompe à air, et mesurée avec un manomètre. Des quantités connues de F E P étaient produites par la méthode des courants dérivés indiquée ci-dessus.

On a reconnu ainsi qu'à chaque valeur de F E P correspond une valeur déterminée de la constante capillaire, de telle sorte que l'une de ces quantités peut se déduire de l'autre.

Un fait surprenant qui s'est manifesté dans toutes ces expériences, lorsque le circuit était fermé soit par un simple fil placé entre α et β, soit par l'intercalation de l'élément de Daniell, c'est la constance des résultats, c'est-à-dire de la constante de capillarité et l'invariabilité de la position d'équilibre du ménisque. Jusqu'ici on était accoutumé à voir se produire certaines perturbations dans toutes les expériences de capillarité faites avec les appareils ordinaires, c'est-à-dire sans l'emploi de l'électricité. Ces perturbations reparaissaient naturellement dans nos appareils, dès que α et β étaient isolés l'un de l'autre. Elles consistaient en ceci :

1° La position d'équilibre varie avec le sens du mouvement précédent de la colonne mercurielle ;

2° Elle peut changer brusquement sous l'action d'une secousse ou d'un choc ;

3° La position d'équilibre change aussi lentement avec le temps et ne cesse de se déplacer qu'après des heures.

Mais dès qu'on fermait le circuit par la simple addition d'un fil métallique entre α et β, toute irrégularité cessait subitement, et on ne pouvait même plus en produire de nouvelle. La position d'équilibre devenait alors si constante que le contact du ménisque avec la croisée des fils ne laissait plus rien à désirer, même sous un grossissement de 220. Nous avons réussi, d'ailleurs, à découvrir la cause de ces perturbations.

Électromètre capillaire.

Dans l'appareil décrit précédemment, à chaque valeur de la constante capillaire correspond une certaine quantité de force électromotrice intercalée entre α et β. On peut donc déduire cette dernière de l'observation de la

constante capillaire au moyen d'une table de leurs valeurs correspondantes.

Ainsi, la tension des pôles d'un élément Daniell correspondait, dans cet appareil, à une pression de compensation de 260mm de mercure, tandis que de plus faibles forces électromotrices exigeaient de moindres pressions.

L'appareil n'est traversé par aucun courant électrique pendant que la F E P fait équilibre à la force électromotrice existant entre α et β. Il faut cependant pour cela que la force électromotrice soit assez faible pour ne produire aucune décomposition de l'eau, c'est-à-dire ne pas surpasser beaucoup celle d'un élément Daniell. On peut d'ailleurs toujours obtenir ce résultat en faisant agir un nombre connu d'éléments de Daniell en sens inverse de la force électromotrice dont on veut étudier l'effet.

L'électromètre capillaire est aussi très-sensible aux charges électriques.

Pour le charger il s'agit, en réalité, de développer une polarisation appréciable sur un ménisque dont la surface $\left[2\pi \times \left(\frac{1}{100}^{mm}\right)\right]$ est égale à $0^{mm},0006$. Or, on obtient même un déplacement du ménisque en approchant du pôle α le plan d'épreuve d'une balance de Coulomb ou en lançant pendant un instant, à travers l'appareil, le courant d'un élément Daniell affaibli au moyen d'une plaque de verre sec. La sensibilité de l'appareil est donc si grande qu'on ne saurait lui comparer d'autre électromètre que celui de Thomson. Cette sensibilité est, en outre, constante en tout temps. Le déplacement est, le plus souvent, instantané et les oscillations s'amortissent rapidement. — Le pôle β doit être maintenu en communication métallique avec le conducteur gazeux ou liquide, pendant que le pôle α est soigneusement isolé de la table au moyen

de supports en gomme laque. Lorsque le pôle α est resté isolé pendant un certain temps du pôle β, l'appareil se charge de lui-même, ainsi qu'on l'a déjà observé avec l'électromètre de Thomson. Les contacts accidentels, l'électricité atmosphérique, etc., sont alors les causes de cette charge.

Lorsqu'on peut se contenter des indications d'un manomètre à air pour la mesure de la pression, l'électromètre est susceptible de recevoir une disposition plus portative. On réduit le tube effilé à une longueur de quelques centimètres et on le relie à un second tube fermé à l'une de ses extrémités et rempli de mercure et d'air comprimé qui sert de manomètre. Ces deux tubes sont reliés au moyen d'un court tube en caoutchouc épais au-dessus duquel se trouve une petite presse à vis qui fournit la pression nécessaire. Tout cet appareil fixé sur une planchette en bois trouve facilement sa place sur la platine d'un microscope. Les indications de cet instrument sont parfaitement constantes.

On a aussi essayé plusieurs fois, avec succès, de mesurer directement le déplacement micrométrique du ménisque au lieu de le ramener au contact par la pression. Pour cela le tube effilé était lui-même fermé à son extrémité et contenait une certaine quantité d'air comprimé qui exerçait la pression constante nécessaire.

L'électromètre de cette espèce n'a plus qu'une longueur de quelques centimètres. Il doit cependant être gradué empiriquement.

Il convient que la pointe de verre de l'électromètre s'applique exactement contre le tube contenant l'acide afin qu'on puisse facilement l'observer sous tous les grossissements.

Moteur électro-capillaire.

De même que l'on a construit des moteurs qui, fondés sur les principes de l'électro-magnétisme, empruntent leur force à la pile, et sont mus par les forces magnétiques, de même on a pu réaliser une machine électro-capillaire qui transforme le travail électrique en travail mécanique.

Un moteur de cette nature se trouve maintenant dans l'Institut de physique de Heidelberg. Il est composé des pièces suivantes :

Une caisse de verre KK (fig. 5) remplie d'acide sulfurique dilué à 15 °/₀ en volume renferme deux verres GG en partie remplis de mercure. Ces masses de mercure GG peuvent être reliées aux pôles d'un élément de Daniell D, au moyen des fils de platine *e e*, dont la partie supérieure est protégée du contact de l'acide par deux petits manchons de verre. Une bascule W, intercalée dans le circuit permet de renverser le sens des communications, en sorte que chaque masse de mercure se polarise successivement avec l'hydrogène.

Sur chaque masse de mercure flotte un faisceau de tubes de verre BB qui ont chacun à peu près 2^{mm} de diamètre et sont ouverts aux deux bouts. Environ 300 de ces tubes liés ensemble par des fils de platine forment un faisceau vertical haut de 60^{mm} et d'un diamètre égal.

Dans l'axe de chaque faisceau se trouve une baguette de verre qui joue le rôle de la tige d'un piston.

La moitié inférieure du faisceau plonge dans le mercure, tandis que la moitié supérieure se trouve au-dessous de l'acide et en est complétement remplie. Le faisceau flotte librement sur le mercure. Il reste vertical parce que la baguette de verre qui lui sert de tige est

fixée dans un étrier de métal en forme de ∩ (UU′) dont les extrémités inférieures ne sont pas libres, mais sont fixées à un double levier horizontal, mobile autour d'un axe horizontal fixe et pouvant osciller comme le fléau d'une balance dont les plateaux seraient remplacés par les faisceaux placés au-dessus et se faisant équilibre.

Au moyen de l'étrier vertical V, de la tige *s* et du levier coudé *z*, le mouvement oscillant du levier se transforme en un mouvement de rotation du volant R. L'arbre de ce volant porte un second levier coudé *z′* qui fait mouvoir la bascule W. — Le tout rappelle assez certaines machines de bateaux à vapeur.

Lorsqu'on fait communiquer la machine avec le couple de Daniell, au moyen des poupées à vis *oo′*, l'une des masses de mercure se polarise d'hydrogène et l'autre d'oxygène. Les constantes capillaires, soit la dépression à l'intérieur et autour des tubes, et par suite la force qui soutient le faisceau augmente de 0,35 de sa valeur du côté de l'hydrogène et ce faisceau monte, pendant que l'inverse a lieu pour l'autre faisceau. La roue commence alors à tourner. Au bout d'un tour, le courant est renversé par la bascule, et le mouvement des faisceaux se produit en sens inverse.

Cette machine travaille sans bruit et sans étincelles. Elle est économique, car elle n'exige que de faibles courants. Elle a une fois fonctionné cinq jours et cinq nuits de suite, avec le même élément Daniell. Le nombre des tours de roue, qui s'est élevé jusqu'à 108 par minute, diminue naturellement à mesure que le sulfate de cuivre s'épuise [1].

[1] Cette machine, ainsi que l'électromètre sus-mentionné, est construite par M. R. Jung, mécanicien à Heidelberg.

La force de cette machine, mue par les forces capillaires, est complétement indépendante du volume qu'elle occupe et ne dépend que de l'étendue relative de la surface de contact des deux liquides. Cela découle naturellement du principe que le travail des forces capillaires est proportionnel à la variation de la surface et indépendant de la forme de cette dernière. Ainsi, par exemple, lorsque la F E P de la surface mercurielle prend successivement les valeurs 0 et 1 Daniell, les nombres dont on a déjà fait usage précédemment donnent pour travail correspondant

$$0{,}01 \times S \text{ kilogrammètres}$$

pour une variation S de la surface exprimée en mètres carrés.

II

Développement de l'électricité et Polarisation accompagnant les phénomènes capillaires.

L'expérience a prouvé que les forces capillaires permettent de transformer le travail mécanique en travail électrique. Toute disposition susceptible de fournir un mouvement par le passage d'un courant peut servir inversement à la production d'électricité. Cette relation de réciprocité, pour l'électro-magnétisme et l'induction, a été déduite par M. Helmholtz du principe de la conservation de l'énergie. Sa démonstration peut facilement recevoir une forme plus générale. Dans l'ordre de faits qui nous occupe ici, on aperçoit bien une analogie avec l'induction.

Si, par exemple, dans notre moteur électro-capillaire on vient à remplacer la pile par un galvanomètre, on ob-

serve que l'aiguille de ce dernier se déplace dès que la roue est mise en mouvement. La déviation de l'aiguille persiste aussi longtemps que dure la rotation de la roue, et le sens de la déviation change avec le sens de la rotation.

On peut facilement, d'ailleurs, produire et mesurer les courants qui naissent ainsi. Leur mesure se fait au moyen de l'appareil déjà décrit (page 185). Les pôles α, β, sont mis en communication avec un galvanomètre à miroir de 2000 tours.

Pour faire une expérience, on abaisse ou on élève le niveau du réservoir A, et il en résulte un changement de niveau dans les tubes de verre ; en même temps l'aiguille du galvanomètre se déplace. Il suffit même de changements de niveau de quelques millimètres pour qu'on puisse faire des mesures. Avec de plus grandes dépressions on obtient même des courants si forts que l'aiguille aimantée non astatique frappe contre l'arrêt. Lorsqu'on élève le niveau, la surface de contact du mercure et de l'acide s'augmente en M. Alors l'aiguille du galvanomètre indique un courant allant *à travers l'acide dilué de l'électrode qui s'agrandit, à l'autre.* Lorsque le niveau baisse le sens du courant change.

On a expérimenté avec divers changements de niveau et avec des tubes différents. Soit α la déviation observée du galvanomètre, l le changement de hauteur, r le rayon des tubes ; tous les nombres trouvés ont satisfait la relation ;

$$\frac{\alpha}{2\pi rl} = \text{const.} = \alpha_0,$$

ce qui peut se traduire ainsi : *la quantité d'électricité dé-*

veloppée est proportionnelle à l'augmentation de la surface et indépendante de la forme de cette surface.

Cette quantité d'électricité a été ensuite estimée en unités électro-magnétiques absolues. La constante, ci-dessus désignée par α_0, représente en degrés de l'échelle la déviation correspondante à un accroissement de surface de 1 millimètre carré. On a trouvé alors $\alpha_0 = 0{,}55$ degrés de l'échelle. Pour exprimer ce nombre en mesure électro-magnétique, on a relié les extrémités du fil galvanométrique avec celles d'une bobine sur laquelle on plaçait une seconde bobine. Cette dernière était traversée par un courant dont l'intensité était de 4,5 en mesure électro-magnétique absolue. Le potentiel des deux bobines l'une par rapport à l'autre (d'après les données de M. le professeur Kirchhoff) était de 23223000. Dès qu'on interrompait le courant de la seconde bobine, un courant induit se développait dans la première et le miroir était dévié de 57 divisions de l'échelle. On a comparé en outre la résistance du galvanomètre réuni à la bobine induite avec une autre résistance, par la méthode du pont de Wheatstone et on l'a trouvée égale à 78×10^{10}. D'après cela la quantité d'électricité correspondante à une déviation d'un degré de l'échelle était égale à

$$\frac{23223000 \times 4{,}5}{78 \times 10^{10} \times 57}.$$

Enfin, il résulte de là que la quantité d'électricité correspondante à une déviation de 0,55 c'est-à-dire à une variation de surface de 1^{mm} carré a pour valeur :

$$q = \frac{23223000 \times 4{,}5 \times 0{,}55}{78 \times 10^{10} \times 57} = \frac{12927}{10^{10}}$$

Pour mieux faire comprendre la portée de ce résultat, rappelons que l'équivalent électrique de l'eau, d'après Weber, est de $0^{mg},0098$. En conséquence 1 mètre carré de variation de surface développe une quantité d'électricité suffisante pour décomposer 130^{mg} d'eau.

Pour que les déviations du galvanomètre soient proportionnelles aux quantités d'électricité, il faut naturellement que la durée des courants soit insignifiante comparativement à la durée d'une oscillation de l'aiguille. Afin d'obtenir ce résultat, on avait muni le réservoir de mercure d'un robinet qui ne s'ouvrait que pendant un instant, après qu'on avait élevé ou abaissé ce réservoir de la quantité voulue.

En outre on n'opérait qu'avec de petites variations de hauteur, parce que le courant prend un certain temps à se développer lorsque le déplacement du mercure dépasse une certaine valeur pour chaque tube. On comprend, en effet, que ce déplacement a pour résultat d'augmenter la résistance de la couche mince d'acide qui se trouve entre le verre et le mercure et qui forme une partie du circuit, en sorte que la décharge est ralentie.

On peut produire les mêmes courants électriques d'une manière très-simple.

Un récipient de verre contient du mercure et de l'acide sulfurique dilué. On dispose alors un entonnoir de verre plein de mercure de manière que son ouverture inférieure très-fine plonge dans l'acide. Si on réunit alors aux fils d'un galvanomètre les deux masses de mercure qui se trouvent l'une dans l'entonnoir et l'autre dans le récipient, l'aiguille est déviée pendant tout le temps que dure l'écoulement du mercure. Dans ce cas, c'est l'étalement de chaque goutte qui produit le courant.

On peut aussi remplacer l'entonnoir et le réservoir, chacun par un tube effilé et l'électromoteur simple de la figure 4 se trouve réalisé. Le mercure coule alors au travers des deux tubes. Dès que l'état stationnaire a été atteint la déviation du galvanomètre est constante.

Polarisation par les forces capillaires.

Si l'on suppose qu'un déplacement du mercure ait lieu après qu'on a supprimé la liaison métallique entre les pôles α, β, on se retrouve dans les circonstances ordinaires, puisque précédemment on ne s'était pas préoccupé de la fermeture électrique du circuit dans les expériences de capillarité.

On observe alors certains phénomènes dont quelques-uns sont connus comme des *perturbations inexpliquées*. Lorsqu'on élève le réservoir A en augmentant ainsi la surface en M, faisant communiquer le pôle β avec le sol, le fil α se charge d'électricité négative libre, ainsi que l'on peut s'en assurer au moyen de l'électromètre de Thomson. La déviation de l'électromètre peut alors être aussi marquée que si l'on avait fait communiquer ses pôles avec un couple Daniell. En même temps, on observe que la dépression du mercure dans les tubes est plus grande qu'avec un circuit fermé. En d'autres termes, la constante de capillarité a augmenté. Maintenant, l'accroissement de force électromotrice, existant entre le mercure et l'acide dilué, accompagné d'un accroissement de la constante de capillarité sur la surface commune, est précisément ce que l'on nomme polarisation par l'hydrogène. On peut donc résumer ces phénomènes de la manière suivante : *Lorsqu'on augmente par des moyens mécaniques la surface*

de contact entre le mercure et l'eau acidulée, cette surface se polarise avec de l'hydrogène.

Cet énoncé conduit à une expérience des plus frappantes que l'on peut réaliser avec l'électromètre capillaire. En soufflant ou aspirant avec la bouche de manière à faire varier la pression atmosphérique qui s'exerce sur la colonne mercurielle, on peut facilement faire mouvoir cette colonne dans la pointe effilée, pourvu, toutefois, que le circuit soit fermé entre α et β. Dès que cette fermeture est interrompue, la colonne mercurielle cesse d'être mobile comme si elle s'était subitement solidifiée. Voici l'explication de ce fait. Si l'on souffle dans l'intérieur du tube, la surface du mercure commence par s'accroître. Elle se polarise alors et l'accroissement de la constante de capillarité produit un excès de pression capillaire que la force des poumons ne peut surmonter. Le contraire a lieu lorsqu'on aspire l'air du tube.

Les faits de cette nature expliquent aussi une perturbation apparente remarquée dans les observations de capillarité et qui consiste en une diminution lente de la constante de capillarité, ainsi que M. Quincke l'a démontré dans le cas du contact du mercure et de l'eau. Lorsqu'on fait monter du mercure dans un tube capillaire humide, la surface, dans le tube, s'accroît et se polarise. On sait que cette polarisation augmente avec le temps, d'abord rapidement, puis plus lentement. En même temps on constate que la constante de capillarité diminue. La même chose a lieu lorsqu'on verse une goutte de mercure dans l'eau. Cette goutte s'aplatit au fond du vase, sa surface augmente et elle acquiert une polarisation qui diminue ensuite lentement.

On peut d'ailleurs prouver directement au moyen de l'électromètre ou du galvanomètre que, lorsque du mercure se trouve sous une couche d'acide sulfurique dilué au fond d'un vase de verre, il suffit d'y plonger une baguette de verre ou seulement d'agiter le vase pour produire un changement de l'état électrique et de l'état capillaire. Chaque secousse produit une variation de la constante de capillarite. Par contre, si le circuit est fermé, ainsi qu'on l'a remarqué plus haut, la constante et la dépression demeurent fixes.

Le terme « d'agrandissement de la surface de contact » du mercure avec l'acide dilué peut être interprété de deux manières : 1° l'acte de mouiller une nouvelle partie de mercure jusqu'alors demeurée sèche, ou 2° l'élargissement de la portion déjà mouillée. Le second cas est seul à envisager dans tous les phénomènes décrits ci-dessus. On peut s'en rendre compte par l'expérience fort simple qui suit :

Après avoir versé une large goutte d'acide sulfurique dilué sur une surface de mercure sèche, on l'absorbe au moyen d'une pipette de manière à ne laisser qu'une tache humide sur la surface métallique. Si l'on vient à percer cette tache avec une pointe de fer, elle se polarise et se contracte instantanément. Mais il ne se produit alors qu'un rétrécissement de toute la surface semblable à celui que l'on observerait à la surface d'un ballon de caoutchouc sur laquelle se trouverait une tache humide et dont on ferait sortir de l'air. Tous les détails du bord en zigzag de la tache. ainsi que les points qu'on avait pu préa-

lablement remarquer sur la surface sèche du mercure, demeurent distinctement visibles pendant la contraction, comme s'ils étaient dessinés sur une membrane en caoutchouc, et ils reprennent chacun leur place primitive dès que la polarisation cesse.

Dans la théorie de Young, d'après laquelle la constante de capillarité est considérée comme une tension de la surface, ce dernier résultat, soit l'accroissement de la constante pendant l'étalement s'exprimerait simplement en disant que : la surface mercurielle se comporte comme une membrane élastique ordinaire dont la tension s'accroît lorsqu'on l'étire.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

L. BOLTZMANN. DÉTERMINATION EXPÉRIMENTALE DE LA CONSTANTE DE DIÉLECTRICITÉ DES CORPS ISOLANTS. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Vienne,* janvier 1873; *Poggend. Annalen,* tome CLI, p. 482.)

Faraday a le premier observé la propriété que possèdent les corps isolants solides d'être diélectriques, c'est-à-dire d'augmenter la capacité d'un condensateur par leur présence entre ses deux plateaux. M. Siemens [1], puis MM. Gibson et Barkley [2] ont étudié le phénomène expérimentalement. MM. Clausius [3], Maxwell [4] et Helmholtz [5] en ont, chacun à leur tour, recherché les conditions théoriques. Si l'on désigne par $\frac{dv}{d\mathrm{N}i}$ et $\frac{dv}{d\mathrm{N}e}$ les rapports différentiels du potentiel sur les faces intérieure et extérieure de l'isolateur, suivant la normale, le quotient $\frac{dv}{d\mathrm{N}e} : \frac{dv}{d\mathrm{N}i}$ sera la constante de diélectricité D. En négligeant l'électricité libre accumulée au bord des plateaux du condensateur, et en appelant n la distance des deux plateaux ou l'épaisseur de la couche diélectrique, la capacité du condensateur sera inversément proportionnelle à $m-n+\frac{n}{\mathrm{D}}$.

La mesure des quantités d'électricité était faite au moyen d'un électromètre de Thomson. Le condensateur était chargé

[1] *Poggend. Annalen*, tome CII, p. 66.

[2] *Philos. Magaz.*, 4me série, tome XLI, p. 543.

[3] Clausius, *Abhandlungen über die mech. Wärmetheorie*, 2me partie, p. 135.

[4] *London Philosoph. Transact.*, vol. CLV, part. I, p. 459.

[5] *Borchhardt's Journal*, tome LXXII, p. 57.

par une pile de dix-huit éléments de Daniell. Le condensateur sur lequel ont été faites ces expériences présentait une construction analogue à celle qu'a imaginée M. Kohlrausch. Les corps isolants étaient le caoutchouc durci, la parafine, le soufre et la colophane; puis comme isolants imparfaits, la stéarine, le verre et la gutta-percha. Les conclusions théoriques de M. Helmholtz, sur le rapport existant entre la capacité du condensateur et l'épaisseur de la couche isolante et des plateaux, se sont vérifiées, même pour le cas où il y avait plusieurs couches isolantes au lieu d'une seule.

Ces expériences ont été faites, tant avec une charge momentanée qu'avec une charge continue; on a obtenu dans les deux cas des capacités presque égales. On peut conclure de là que la polarisation diélectrique se produit assez rapidement.

L'auteur a trouvé comme valeurs probables de la constante de diélectricité, soufre, 3,84; caoutchouc durci, 3,15; colophane, 2,55; parafine, 2,32.

M. Maxwell était arrivé à la conclusion que la racine carrée de la constante de diélectricité doit être égale à l'indice de réfraction. Le tableau suivant montre que cette loi s'est vérifiée avec une approximation très-suffisante :

	$\sqrt{D}$.	Indice de réfraction.
Soufre.	1,960	2,040
Colophane. . .	1,597	1,543
Parafine.	1,523	1,536—1,516

L'auteur compte poursuivre ses recherches sur les isolants imparfaits. W.

L. Boltzmann. Relation entre la rotation du plan de polarisation et la longueur d'onde des différentes couleurs. (*Poggend. Ann., Jubelband,* page 128.)

Une observation même superficielle de la rotation du plan de polarisation par un cristal de quartz, par exemple, montre

à quel point ce phénomène varie avec la couleur de la lumière transmise. Biot a donné le premier la loi approximative de cette variabilité, savoir que les angles dont tourne le plan de polarisation pour les différentes couleurs sont presque inversément proportionnels aux carrés de leurs longueurs d'onde. Depuis lors différents auteurs ont cherché à trouver pour la relation qui existe entre l'angle de rotation φ et la largeur d'ondulation λ une expression plus exacte. M. v. Lang avait proposé la formule $\varphi = A + \frac{B}{\lambda^2}$, ajoutant un terme constant à la formule de Biot. M. Boltzmann, en se basant sur des considérations théoriques, est arrivé à adopter la formule $\frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4}$. Il admet, en effet, que la rotation du plan de polarisation résulte du changement de densité périodique que les molécules du corps transparent impriment à l'éther et que les dimensions de la sphère d'action de chaque molécule ne sont plus négligeables par rapport à la longueur d'onde. L'effet doit tendre vers 0 pour des longueurs d'onde de plus en plus grandes, de là la forme adoptée par l'auteur de préférence à celle qu'a donnée M. von Lang. Le contrôle de cette formule, avec les différentes mesures que nous possédons déjà sur ce sujet, a montré à M. Boltzmann qu'elle se rapproche beaucoup plus des résultats de l'expérience que celle de M. von Lang. W.

ANGSTRÖM. SUR LE SPECTRE DE L'AURORE BORÉALE. (*Pogg. Ann.*, *Jubelband*, page 424.)

L'auteur commence par distinguer deux spectres différents de l'aurore boréale : 1° un spectre composé uniquement de la raie jaune caractéristique qu'on n'a retrouvée encore dans aucune autre source lumineuse et qui proviendrait d'une lumière monochromatique ; 2° le spectre composé des diverses bandes brillantes fournies par l'aurore.

Comparant ce dernier à d'autres spectres connus, M. Angström reconnaît, comme d'autres avant lui, que les bandes ou raies qui le composent coïncident avec celles que donne l'étincelle électrique dans l'air raréfié. Quant au spectre de la lumière jaune monochromatique, l'auteur n'admet point comme fondée l'opinion de Piazzi Smyth voulant l'identifier avec une raie du spectre des carbures d'hydrogène. Mais il croit pouvoir l'attribuer à la phosphorescence ou fluorescence que présentent certains gaz raréfiés après le passage de la décharge électrique [1]. En faveur de cette manière de voir, l'auteur invoque le fait que la raie jaune tend à disparaître lorsque la lumière violette diminue dans l'aurore. tandis que la lumière rouge augmente d'intensité. Il ne pense pas en tout cas que l'apparition de la raie jaune puisse être mise au nombre des phénomènes résultant des variations de pression et de température des gaz raréfiés incandescents. W.

J. Bosscha. Sur la chaleur spécifique de l'eau a différentes températures déduite des expériences de M. Regnault. (*Poggend. Annalen, Jubelband*, page 549.)

En soumettant à une critique nouvelle les expériences de M. Regnault, et tenant compte des corrections à apporter à ses mesures thermométriques, M. Bosscha arrive à exprimer

[1] La lumière qui persiste dans certains gaz raréfiés après le passage de l'étincelle d'induction n'est point monochromatique dans les cas du moins où nous avons pu l'observer, mais produit un spectre blafard, continu. Cette lueur semble résulter, comme nous l'avons dit ailleurs (*Archives*, 1869, tome XXXIV, p. 243), d'une action chimique qui maintiendrait l'incandescence quelque temps après que l'effluve électrique aurait cessé de se produire. En tout cas, il nous paraît difficile d'assimiler la persistance lumineuse dans les gaz raréfiés à de la fluorescence ou phosphorescence dans le sens habituel de ces termes. E. S.

la chaleur spécifique de l'eau à différentes températures par la formule

$$c = 1 + 0{,}00022\, t.$$

Cette formule s'accorde beaucoup mieux que celle de M. Regnault avec les résultats de l'expérience. W.

A. Voller. Modifications apportées par la chaleur a la force électromotrice de différents couples voltaïques. (*Poggend. Annalen*, tome CXLIX, p. 394.)

Les recherches antérieures de différents auteurs tendaient à établir que la force électromotrice d'un élément voltaïque est indépendante de la température à laquelle il est soumis. Contrairement à cette manière de voir, M. Voller a montré par une étude récente que la force électromotrice développée au contact d'un métal et d'un liquide varie d'une manière très-sensible avec la température de ces corps. L'auteur a observé une augmentation de la force électromotrice avec la température entre 0° et 100° avec des couples Zn/H_2SO_4, C/HNO_3 Pt/HNO_3, Cu/NaCl. Dans ce dernier cas, en particulier, la force électromotrice augmente de 8° à 78° des 0,17 de la valeur qu'elle avait à 21°.

Les couples $Zn/ZnSO_3$, Zn/Na Cl, $Cu/CuSO_4$, $Cu/ZnSO_4$ présentent, au contraire, une force électromotrice plus faible à mesure que la température augmente. Avec le couple formé de cuivre et de sulfate de cuivre en particulier, la force électromotrice augmente entre 0° et 91° des 0,43 de sa valeur à 22°.

L'auteur relève spécialement ce fait que ce sont les couples, dont le liquide est un acide, qui ont présenté une augmentation de force électromotrice par la chaleur (le couple Cu/NaCl fait ici exception), tandis que les couples renfermant la dissolution d'un se' neutre sont dans le cas inverse. W.

J. Dewar. On the physical constants of hydrogenium. Sur les constantes physiques de l'hydrogenium. (*Phil. Magaz.*, 1874, 4me série, tome XLVII, p. 334.)

Après avoir découvert la remarquable propriété que possède le palladium d'absorber jusqu'à 900 fois son volume d'hydrogène, Graham pensa que ce métal formait ainsi avec l'hydrogène un véritable alliage à équivalents égaux. Il donna à l'hydrogène métallique contenu dans cet alliage le nom d'hydrogénium.

M. Dewar s'est proposé de déterminer ce qu'il appelle les constantes physiques de ce corps, c'est-à-dire sa chaleur spécifique. son coefficient d'expansion et surtout sa pesanteur spécifique.

Graham avait déjà fait plusieurs déterminations de la pesanteur spécifique de l'hydrogenium, et il était arrivé par diverses méthodes à lui attribuer 0,733 pour valeur. Ce chiffre ne se rapportant qu'au palladium complétement saturé, on comprend qu'il y avait lieu à déterminer le poids spécifique du palladium à divers degrés de saturation. Dans ce but, M. Dewar s'est servi d'un cube de palladium qu'il chargeait d'hydrogène par l'électrolyse et dont il déterminait le poids spécifique, à plusieurs reprises pendant l'absorption de l'hydrogène. en le pesant alternativement dans l'air et dans l'eau. En ayant soin d'exposer le métal pendant quelques heures à l'air, avant chaque expérience on peut se mettre complétement à l'abri des causes d'erreur qui, sans cela, résulteraient de la sortie des bulles d'air au contact de l'eau. Les deux pesées successives fournissent le poids spécifique du palladium contenant l'hydrogène et on calcule celui de l'hydrogène absorbé au moyen de la formule

$$\frac{w_1 + w_2}{\frac{w_1}{S_1} + \frac{w_2}{S_2}} = S,$$

dans laquelle w_1, w_2 désignent les poids de l'alliage, S_1, S_2 les poids spécifiques des deux corps et S le poids spécifique

moyen donné par l'expérience. Le tableau suivant résume les résultats obtenus avec cette méthode par M. Dewar.

Expériences.	Poids du palladium et de l'hydrogène dans l'air.	Poids du Palladium et de l'hydrogène dans l'eau.	Poids spécifique de la substance.	Poids spécifique de l'hydrogène calculé.	Poids de l'hydrogène
1....	31.8748	29.1150	11.5488	0.6215	0.0728
2....	31.9230	29.0860	11.2520	0.6230	0.1210
3....	31.9425	29 0715	11.1259	0.6150	0.1405
4....	31.9715	29.0615	10.9867	0.6081	0.1625
5....	31.9860	29.0500	10.8944	0.6270	0.1840
6....	31.9955	29.0455	10.8459	0.6299	0.1935
7....	32.0040	29.0450	10.8158	0.6388	0.2020
8 (quelques jours après)	31.9940	29.0325	10.8033	0.6024	0.1920

On voit que le poids spécifique de l'hydrogène ne change guère pendant le cours de la saturation. Sa moyenne est 0,620, ce qui correspond à un volume atomique 1,6. Le poids maximum d'hydrogène que le palladium puisse absorber a été atteint dans l'expérience n° 7 et l'auteur pense que ce degré de saturation peut être représenté par la formule $Pd^3 H^2$.

M. Dewar a répété ces expériences en sens inverse, c'est-à-dire en partant du palladium complétement saturé dont il chassait graduellement l'hydrogène par la chaleur. Cette nouvelle série d'expériences lui a fourni pour la densité moyenne de l'hydrogène métallique le nombre 0,623 peu différent du précédent.

M. Dewar a aussi fait plusieurs déterminations de la chaleur spécifique de l'alliage à trois degrés de saturation, sous deux états différents, c'est-à-dire en barre et en lame. Il a ainsi trouvé que la chaleur spécifique de l'hydrogène absorbé est plus grande avec une faible charge qu'avec une forte. Cette

augmentation est surtout marquée avec le palladium en lame pour lequel la chaleur spécifique a varié de 3,93 à 5,88, tandis que les valeurs extrêmes pour le palladium en barre ont été 3,79 et 5,05. Enfin, disons que la chaleur spécifique du palladium même paraît avoir légèrement diminué à la suite de ces expériences.

Quant au coefficient de dilatation, M. Dewar a essayé de le déterminer en pesant l'alliage successivement dans de l'eau distillée à différentes températures, mais il ne pense avoir ainsi obtenu que des résultats approximatifs. Il aurait ainsi trouvé que le coefficient d'expansion de l'alliage $Pd^5 H^2$ serait environ 0,000058 entre 0° et 50° et 0,000066 entre 0° et 80°, soit à peu près le double.

NEGRETTI et ZAMBRA. SUR UN NOUVEAU THERMOMÈTRE DESTINÉ A ACCUSER LA TEMPÉRATURE DE LA MER A DE GRANDES PROFONDEURS. (*Proceedings of the Royal Society*, t. XXII, n° 151.)

Nous avons déjà décrit dans ce journal[1] le moyen imaginé par le professeur Miller pour mettre à l'abri de la pression des couches supérieures de la mer les thermomètres destinés à accuser la température de l'Océan à de grandes profondeurs. Ce moyen consiste, comme on le sait, à renfermer les boules de ces thermomètres dans un étui cylindrique, capable de transmettre la température tout en résistant aux effets de la pression. C'est sur ce principe que MM. Negretti et Zambra ont construit les thermomètres destinés à la grande expédition du *Challenger*. Malheureusement l'expérience y a constaté deux inconvénients. Le premier, c'est que ces thermomètres, qui ont très-bien fonctionné jusqu'à une profondeur de 5500 mètres, ne peuvent descendre au delà sans se briser le plus souvent. Le second, c'est que ces thermomètres à minimum, construits d'après le principe de Six, tout en accusant la température la plus basse à laquelle

[1] Voyez *Archives*, 1869, tome XXXVI, p. 175.

ils ont été exposés pendant leur descente jusqu'au fond de la mer, n'indiquent pas la profondeur à laquelle ce minimum a eu lieu; en sorte que si le fond de la mer se trouvait être moins froid qu'une couche quelconque traversée par le thermomètre pendant sa descente, les observations faites seraient nécessairement entachées d'erreur. De plus, la tendance de l'index, qui sert à indiquer le minimum, à glisser dans le tube thermométrique par l'effet de secousses qu'on ne peut pas toujours éviter, est une autre source d'erreur inhérente au principe même sur lequel les thermomètres à minimum sont construits. C'est pour parer à ces divers inconvénients que MM. Negretti et Zambra viennent de construire et de soumettre à la Société Royale un thermomètre construit sur un principe tout différent. Ce thermomètre, dépourvu de toute espèce d'index, sans air ou alcool, et ne contenant absolument que du mercure, est construit de manière à n'accuser la température du milieu dans lequel il se trouve qu'au moment où on le renverse. C'est effectivement en retournant l'instrument, à un moment donné, de manière à rejeter dans un réservoir le mercure de la colonne indicateur, qu'on obtient une observation exacte de la température à ce moment. Voici, au reste, la description de l'appareil telle qu'elle a été communiquée à la Société Royale par les inventeurs. Le thermomètre, dont le réservoir est mis complétement à l'abri de la pression de l'eau, est composé d'un siphon à branches parallèles communiquant l'une avec l'autre (voyez la fig. 6, Pl. II). L'échelle sur laquelle ce thermomètre est fixé est arrangée de manière à pivoter autour d'un centre, et l'instrument étant attaché perpendiculairement à un appareil très-simple qui sera décrit tout à l'heure, peut être descendu dans la mer jusqu'à une profondeur quelconque. Le thermomètre, pendant sa descente, se comporte comme un thermomètre ordinaire, le mercure s'élevant ou s'abaissant suivant la température de la couche d'eau qu'il traverse; mais dès qu'on arrête son mouvement de haut en bas au moyen d'une secousse donnée en sens inverse, et de nature à lui donner la tendance de

remonter vers la surface de la mer, aussitôt l'instrument pivote complétement sur son centre, de façon à ce que la boule du thermomètre se trouve placée d'abord en haut, puis en bas. Il en résulte que le mercure qui était dans le tube à gauche, passe d'abord dans la courbure supérieure du siphon, et de là dans le tube à droite où il reste immobile, indiquant sur une échelle graduée la température exacte au moment où l'instrument a été renversé. Dans la figure, la position du mercure est indiquée telle qu'elle est au moment où l'appareil vient d'être retourné. A représente le réservoir du thermomètre, et B l'étui cylindrique qui le met complétement à l'abri de la pression de l'eau ; C représente l'espace contenant de l'air raréfié dont le volume diminue lorsque le cylindre est comprimé : D est un petit index ou bouchon en verre analogue à l'index des thermomètres à maximum, lequel, au moment où l'appareil se renverse, sépare le mercure de la colonne à gauche de celui de la boule du thermomètre, de façon à être certain qu'il n'y a que le mercure du tube qui puisse être transporté dans la colonne indicateur. E est un renflement pratiqué dans la partie supérieure du siphon, qui a pour but de faciliter le passage du mercure d'un tube dans l'autre au moment du renversement de l'appareil. et F représente le tube indicateur ou thermomètre proprement dit. C'est au moment où l'appareil est mis en mouvement, et où le tube commence à s'incliner, que la colonne de mercure se brise au point D, s'écoule dans la courbure E, et finit par tomber dans le tube F dès que ce tube a repris sa position verticale.

Le moyen employé pour retourner le thermomètre dans l'eau, consiste en une tige de bois ou de métal à laquelle est attachée une espèce de gouvernail ayant la forme d'un éventail. Cet éventail repose sur un pivot qui communique lui-même avec un second pivot, et c'est à ce dernier qu'est fixé le thermomètre. Le gouvernail, pendant la descente du thermomètre dans la mer, est arrangé de façon à se diriger de bas en haut, direction qui se trouve nécessairement renver-

sée dès qu'on donne à l'appareil un mouvement ascensionnel. Il suffit du simple demi-tour donné au gouvernail pour faire décrire un tour entier à l'appareil thermométrique.

CHIMIE.

P.-T. Cleve. Recherches sur les combinaisons du lanthane, du didyme, de l'yttrium et de l'erbium. (*Bulletin de la Société chimique de Paris*, tome XXI, p, 196, 246, 344.)

M. Cleve a publié, dans le Bulletin de la Société chimique de Paris, une série de notices importantes sur les métaux rares contenus dans la cérite et la gadolinite. Ces articles n'étant eux-mêmes que des résumés très-succincts de mémoires beaucoup plus étendus, il serait impossible d'en donner ici une analyse un peu détaillée, à moins que de les reproduire en entier. Nous ne pouvons donc que renvoyer au recueil qui les renferme les lecteurs qu'intéresse la connaissance de ces métaux rares. Mais nous devons cependant signaler le résultat le plus remarquable de ces longues recherches.

Jusqu'à ce jour ces métaux avaient été considérés comme formant un groupe particulier d'éléments biatomiques, ne présentant il est vrai aucune relation d'isomorphisme bien constatée avec les autres métaux biatomiques, mais paraissant cependant s'en rapprocher par les propriétés de leurs oxydes et la constitution de leurs sels, plus que de tous les métaux d'une autre atomicité. On les rapprochait en général du magnésium.

Les nouvelles recherches de M. Cleve conduisent au contraire ce savant à les considérer comme triatomiques, et à assigner à leurs oxydes une formule analogue à celle de l'alumine.

Voici, en nous bornant aux combinaisons du lanthane prises comme type de celles de tout ce groupe de métaux, les principaux arguments en faveur de cette opinion.

La plupart des sulfates et séléniates doubles de lanthane

et des métaux alcalins présentent le rapport de 1 : 3 entre l'oxygène du sulfate alcalin et celui du sulfate lanthanique.

La proportion d'eau de cristallisation dans un grand nombre de sels se représente par des formules plus simples dans l'hypothèse de la triatomicité du lanthane, ainsi pour le sulfate, le chlorure, le bromure, l'hyposulfate, etc.

Enfin et surtout la composition de plusieurs sels ne peut guère s'expliquer que dans cette hypothèse, comme on en pourra juger par la comparaison des formules que l'on est forcé de leur assigner suivant l'hypothèse admise sur l'atomicité du métal :

	La biatomique.	La triatomique.
Pyrophosphate	$2Ph^2O^5,3LaO,H^2O+6H^2O$	$Ph^2O^5,(LaH)O^2+3H^2O$
Chloraurate	$3LaCl^2,2AuCl^3+20H^2O$	$LaCl^3,AuCl^3+10H^2O$
Chloroplatinate	$3LaCl^2,2PtCl^4+26H^2O$	$LaCl^3,PtCl^4+13H^2O$
Ferrocyanure lanthano-potassiq.	$2FeCy^2,\left.\begin{matrix}2K\\3La\end{matrix}\right\}Cy^8+8H^2O$	$FeCy^2,\left.\begin{matrix}K\\La\end{matrix}\right\}Cy^4+4H^2O$

Toutes ces considérations semblent en effet donner une grande probabilité à la théorie de M. Cleve. Elle apporterait une modification considérable dans les idées qui étaient admises jusqu'ici sur la relation entre l'énergie basique des oxydes et leur constitution ; car nous aurions là un groupe de bases, semblables à l'alumine par leur composition, et présentant cependant le caractère de bases très-énergiques.

Les relations d'isomorphisme ne paraissant pas pouvoir être invoquées dans la discussion de cette question, il serait fort à désirer qu'une détermination de la chaleur spécifique de quelqu'un des métaux de ce groupe vint fournir un argument décisif.

A l'occasion de ces recherches, M. Cleve a repris la détermination des poids atomiques du lanthane et du didyme, il a obtenu pour ces deux métaux les nombres 139 et 147 (92,7 et 98 si on les considère comme biatomiques).

Parmi les sels dont la constitution est invoquée par M. Cleve en faveur de la triatomicité des métaux de ce groupe, se trouvent les chloroplatinates. D'après ses analyses de ces

sels, le rapport entre les quantités de chlore contenues dans les deux éléments de ces chlorures doubles est celui de 4 : 3.

J'ai publié récemment[1] des recherches cristallographiques et chimiques sur ces mêmes sels, dans lesquelles j'avais admis des rapports un peu différents, savoir de 3 : 2. Il en résulte des différences assez grandes en apparence dans les formules que nous assignons à ces composés. Mais il est facile de voir qu'elles répondent à des résultats analytiques assez peu éloignés les uns des autres. Ma formule exige seulement une proportion de platine légèrement supérieure.

Il m'a paru très-possible que j'eusse commis une erreur sous ce rapport. En effet, dans mes recherches, je m'étais surtout préoccupé de m'assurer qu'il ne pouvait pas se former de chlorure double renfermant des proportions équivalentes des deux chlorures. En conséquence, j'avais toujours employé un excès de chlorure de platine dans leur préparation, pour contre-balancer autant que possible la tendance à la formation de sels renfermant un excès de l'autre chlorure. Il n'était donc pas impossible que mes sels eussent renfermé un excès de chlorure de platine à l'état de simple mélange.

Jugeant cette question d'une certaine importance, j'ai repris le chloroplatinate de lanthane dont j'avais encore une suffisante quantité et, après l'avoir soumis à une nouvelle cristallisation, j'en ai refait l'analyse. Les résultats ont été parfaitement conformes à la nouvelle formule de M. Cleve. Je ne doute pas qu'il n'en fût de même pour les sels correspondants de didyme et de cérium. C. M.

Prof. LEEDS. ON THE DISSOCIATION OF CERTAIN COMPOUNDS AT VERY LOW TEMPERATURES. SUR LA DÉCOMPOSITION DE CERTAINS COMPOSÉS A DE TRÈS-BASSES TEMPÉRATURES. (*Americ. Journ.*, mars 1874.)

On savait déjà que le chlorhydrate d'ammoniaque dissout dans l'eau se décompose à la température d'ébullition.

[1] Voyez *Archives*, mars 1873.

D'autres recherches ont aussi montré qu'en faisant passer un courant d'un gaz inerte tel que l'hydrogène ou l'azote à travers un sel en solution ou fondu, on met en liberté une certaine quantité de celui des éléments de ce sel qui est volatil à la température de l'expérience.

M. Leeds, à la suite de nouvelles expériences, arrive aux conclusions suivantes :

1° Il n'est pas nécessaire de renouveler, par un courant de gaz inerte, l'atmosphère en contact avec les particules du sel dissout pour produire la décomposition à des températures inférieures au point d'ébullition.

2° Il existe pour chaque sel une certaine température déterminée à laquelle on peut reconnaître, à l'aide de réactifs suffisamment délicats, la présence d'un des éléments du sel à l'état libre.

3° Il est très-probable que la décomposition de ces sels en dissolution est analogue à l'évaporation de leur dissolvant. Cette décomposition atteint, il est vrai, un maximum, sous la pression ordinaire de l'atmosphère et à la température d'ébullition du liquide, mais elle a aussi lieu avec moins d'intensité, à des températures plus basses, dans certains cas, même au-dessous du point de congélation.

Le réactif employé par M. Leeds était une solution alcoolique d'Alizarine. Suivant lui cette substance permet de reconnaître jusqu'à une partie de soude dans trois millions d'eau, et possède une sensibilité analogue pour la potasse et l'ammoniaque.

Son appareil consistait en un petit ballon fermé par un bouchon de liége par lequel passait la tige d'un thermomètre très-sensible ainsi qu'un petit tube recourbé à angle droit. La boule du thermomètre plongeait dans le liquide et le tube recourbé contenait un petit tampon de papier d'Alizarine séché et soigneusement préservé de l'humidité qui pouvait adhérer aux parois du tube.

Au début des expériences la température était de 17-20° C.

et on l'élevait ensuite très-graduellement de manière à ce qu'on pût disposer d'un quart d'heure environ pour chaque détermination. La réaction alcaline se manifestait clairement par un changement brusque de la couleur du papier passant du jaune au rouge.

Cela dit, voici le tableau qui résume les résultats obtenus par M. Leeds en expérimentant sur quatre sels d'ammoniaque.

Liquide.	Réaction du liquide.	Parties en 100.	Température.	Moy.	Réaction de la vapeur.
Chlorhydrate d'ammoniaque	Faiblement acide	10,60	37°C.	37°	Fortement alcaline
»	»	»	37°		»
»	»	5,30	38°		Alcaline
»	»	»	39°	38°,5	»
»	»	2,65	39°		»
»	»	»	40°	39°,3	Faiblement alcaline
»	»	»	39°		»
»	»	1,325	39°,39		»
»	»	»	39°,41	39°,2	»
»	»	»	38°,39		»
Sulfate d'ammoniaque	Acide	45,62	50°		Alcaline
»	»	»	51°	50°,5	»
»	»	22,81	51°	51°	»
»	»	»	51°		»
»	»	11,40	50°,5		Faiblement alcaline
»	»	»	50°,5	50°,5	»
Oxalate d'ammoniaque	Fortement alcaline	saturé à 7°,5 C	— 1°	—1°	Fortement alcaline
»	»		— 1°		»
Acétate d'ammoniaque	Acide	saturé à 17°C	55°		Alcaline
»	»		55°		»

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE MAI 1874.

Le 2, assez forte bise dans l'après-midi, et jusqu'au lendemain matin.

5, gelée blanche le matin; la neige de l'hiver a complétement disparu du grand Salève.

6, gelée blanche le matin.

9, il a neigé dans la nuit sur toutes les montagnes des environs, jusque sur le petit Salève; cette neige disparaît dans la journée.

10, forte bise de 8 h. matin à 4 h. après midi.

11, il est de nouveau tombé de la neige sur le grand Salève pendant la nuit.

14, forte bise de 10 h. matin à 6 h. soir.

17, faible gelée blanche le matin, minimum + 1°,0.

18, gelée blanche le matin, minimum + 0°,8.

19, faible gelée blanche le matin, minimum + 1°,2; à 2 3/4 h. éclairs et tonnerres au Sud, pendant cet orage, il a neigé sur le grand Salève.

21, forte rosée le matin.

22, à 7 3/4 h. soir, éclairs et tonnerres à l'Est; toute la soirée éclairs à l'horizon, un second orage éclate un peu avant minuit.

23, de 4 h. à 8 h. soir succession d'orages, venant du Sud et traversant la vallée en inclinant à l'Est ou à l'Ouest. Le premier, à 4 h., a passé à l'Est; le second, à 4 1/2 h., a passé à l'Ouest, il a été le plus violent et a donné lieu à plusieurs fortes décharges et à une averse de grêle mêlée de pluie. Le dernier orage a eu lieu à 7 1/2 h.

24, à 1 h. après midi, éclairs et tonnerres au NO.

27, forte bise toute la journée.

28, rosée le matin.

29, forte rosée le matin.

30, rosée le matin; le vent du SSO. souffle avec force depuis midi jusqu'au soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM

	mm
Le 5 à 10 h. soir	723,68
14 à 10 h. soir	733,57
16 à 10 h. soir	731,17
20 à 8 h. matin	730,37
31 à 10 h. soir	732,85

MINIMUM.

	mm
Le 3 à 4 h. après midi	715,47
9 à 4 h. après midi	715,76
15 à 8 h. soir	726,74
18 à 6 h. soir	726,93
23 à 4 h. après midi	716,81

Jours du mois.	Baromètre.		Température C.				Tension de la vap.		Fract. de saturation en millièmes.				Pluie ou neige		Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône		Limnimètre à 11 h.
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale.	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.	Nomb. d'h.			Midi.	Écart avec la temp. normale.	
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0	0	cm
1	721,65	— 3,08	+12,84	+ 1,89	+ 3,2	+20,4	4,35	—2,52	436	—276	180	780	...	...	NNO. 1	0,44	13,2	+ 3,3	98,2
2	721,25	— 3,51	+ 8,35	— 2,75	+ 4,8	+12,8	3,82	—3,12	501	—211	310	710	...	...	N. 2	0,23	13,4	+ 3,4	97,8
3	716,89	— 7,90	+ 7,15	— 4,09	+ 2,2	+12,6	4,32	—2,69	594	—119	330	680	...	...	N. 1	0,71	—	—	97,5
4	719,89	— 4,93	+ 8,41	— 2,97	+ 4,7	+13,8	3,11	—3,97	419	—294	200	660	..	...	variable	0,49	11,7	+ 1,5	95,7
5	721,45	— 3,40	+ 6,19	— 5,33	— 0,6	+12,4	3,71	—3,44	547	—166	350	730	...	...	SO. 2	0,68	11,7	+ 1,3	96,8
6	722,66	— 2,23	+ 6,89	— 4,77	— 1,3	+12,9	3,61	—3,61	517	—196	210	850	...	..	N. 1	0,20	11,7	+ 1,2	98,7
7	721,18	— 3,75	+ 9,70	— 2,10	+ 3,0	+14,6	4,37	—2,92	517	—196	320	790	...	..	N. 1	0,46	11,6	+ 1,0	98,2
8	719,48	— 5,49	+ 8,35	— 3,60	+ 5,4	+13,0	3,89	—3,47	515	—198	290	640	0,2	1	SO. 2	0,67	11,9	+ 1,2	97,6
9	716,32	— 8,69	+ 5,42	— 6,67	+ 3,7	+ 8,5	5,22	—2,22	798	+ 85	570	870	1,6	1	variable	0,93	11,2	+ 0,4	98,8
10	718,29	— 6,76	+ 5,74	— 6,49	+ 3,3	+10,0	5,54	—1,98	812	+ 99	550	890	1,8	4	NE. 2	0,91	—	—	98,0
11	723,33	— 1,82	+ 6,47	— 5,90	+ 4,9	+10,2	5,91	—1,69	842	+128	600	970	3,7	7	NNE. 2	0,90	11,1	+ 0,1	101,0
12	723,40	— 1,80	+ 6,07	— 6,44	+ 5,6	+ 8,0	5,78	—1,90	843	+129	690	900	0,4	2	NE. 1	1,00	10,3	— 0,8	98,5
13	728,23	+ 2,98	+ 6,93	— 5,73	+ 5,0	+10,5	5,98	—1,78	837	+123	590	920	0,5	3	variable	1,00	10,7	— 0,5	98,7
14	731,72	+ 6,42	+ 8,69	— 4,11	+ 6,2	+12,0	5,66	—2,18	698	— 16	490	920	0,9	2	NNE. 2	0,62	10,7	— 0,6	101,2
15	730,00	+ 4,65	+ 9,31	— 3,63	+ 2,6	+15,1	6,07	—1,84	701	— 13	440	890	6,6	5	S. 1	0,91	10,8	— 0,6	98,0
16	730,56	+ 5,16	+ 6,74	— 6,34	+ 4,5	+10,7	4,25	—3,73	609	—105	450	770	...	...	NE. 2	0,48	10,9	— 0,6	97,3
17	729,73	+ 4,28	+ 7,14	— 6,08	+ 1,0	+11,3	3,97	—4,08	550	—164	350	790	...	...	NNE. 2	0,14	—	—	100,0
18	727,75	+ 2,25	+ 8,12	— 5,25	+ 0,8	+12,8	4,47	—3,65	572	—141	350	780	...	...	N. 1	0,09	11,7	— 0,1	98,5
19	728,60	+ 3,05	+ 4,72	— 8,79	+ 1,2	+ 8,0	5,92	—2,27	921	+208	710	990	8,7	6	variable	0,88	11,6	— 0,3	98,8
20	729,18	+ 3,59	+ 9,18	— 4,47	+ 1,3	+15,9	6,26	—2,00	726	+ 13	450	1000	...	...	N. 1	0,17	11,8	— 0,2	101,2
21	725,07	— 0,56	+14,02	+ 0,23	+ 4,9	+21,6	7,23	—1,10	619	— 94	390	900	...	...	N. 1	0,40	12,6	+ 0,5	99,1
22	720,55	— 5,12	+13,64	— 0,28	+ 9,8	+18,1	10,24	+1,84	886	+173	680	970	7,5	8	variable	0,80	12,0	— 0,2	99,0
23	718,34	— 7,37	+12,34	— 1,71	+11,4	+16,2	10,00	+1,53	953	+240	730	1000	30,8	14	N. 1	0,89	12,8	+ 0,5	102,2
24	718,67	— 7,08	+13,32	— 0,86	+10,8	+18,8	9,52	+0,98	839	+126	680	970	12,5	6	N. 1	0,89	—	—	110,7
25	720,67	— 5,12	+14,97	+ 0,66	+11,0	+20,0	9,09	+0,48	744	+ 31	490	930	...	...	variable	0,61	13,9	+ 1,4	106,4
26	721,80	— 4,03	+13,74	— 0,71	+ 9,0	+19,0	9,69	+1,01	833	+121	590	970	0,1	1	N. 1	0,74	13,9	+ 1,3	111,7
27	724,31	— 1,56	+15,47	+ 0,89	+12,1	+19,8	6,57	—2,18	540	—172	280	690	...	...	NNE. 3	0,22	15,7	+ 3,0	118,0
28	729,10	+ 3,19	+14,81	+ 0,09	+ 7,2	+21,3	7,17	—1,65	592	—120	330	880	...	...	N. 1	0,34	15,5	+ 2,7	115,3
29	729,72	+ 3,77	+18,45	+ 3,60	+ 9,3	+25,6	8,67	—0,21	576	—136	300	830	...	.	SSO. 1	0,06	15,2	+ 2,3	117,5
30	729,45	+ 3,46	+20,06	+ 5,08	+12,0	+26,1	8,87	—0,08	527	—185	340	750	..	..	SSO. 2	0,06	15,4	+ 2,4	116,8
31	731,90	+ 5,87	+20,11	+ 5,00	+12,2	+26,6	7,36	—1,66	460	—252	220	750	...	..	SSO. 1	0,12	—	—	118,9

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1874

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	720.36	720,20	720,09	719,88	719,46	719 27	719,45	720,05	720,32
2e »	728,19	728,41	728,45	728 25	728.00	727,82	727 98	728.20	728,51
3e »	724,93	725,12	724,96	724,52	723,92	723,62	723,85	724,44	724,90
Mois	724,51	724,59	724,52	724,23	723,79	723,57	723,76	724,24	724,58
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 4,41	+ 7,67	+ 9,12	+10,30	+11,86	+11,55	+10,46	+ 8,83	+ 7,08
2e »	+ 5,08	+ 7.18	+ 8,34	+ 9,79	+ 9,96	+ 9,76	+ 9,42	+ 8,44	+ 7,24
3e »	+11,66	+14,31	+16,38	+18,31	+19,54	+20,15	+18,91	+16,46	+14,89
Mois	+ 7,20	+ 9,87	+11,45	+12,97	+13,98	+14,02	+13.13	+11,41	+ 9,90
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	4,76	4,72	4,32	3,83	3,45	3,89	4,38	4,37	4,37
2e »	5,66	5,61	5,22	4,97	5,13	5,47	5,54	5,93	5,64
3e »	8,91	9,12	8,68	8,38	7,95	7,81	8,51	9,04	9,17
Mois	6,52	5,67	6.16	5,81	5,59	5,79	6,22	6,53	6,48
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	759	606	513	441	341	391	477	527	589
2e »	862	742	643	559	580	633	643	720	742
3e »	869	762	642	548	495	467	559	665	740
Mois	831	705	601	517	473	496	560	638	692

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 2,84	+13,10	0,57	+12,05	3,6	97,73
2e »	+ 3,31	+11,45	0,62	+11,07	20,8	99,32
3e »	+ 9,97	+21,19	0,47	+14,11	50,9	110,51
Mois	+ 5,52	+15,44	0,55	+12,42	75,3	102,78

Dans ce mois, l'air a été calme 2,5 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,33 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 10,6 E., et son intensité est égale à 44,80 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MAI 1874.

Le 1er, assez forte bise, brouillard le soir.
2, brouillard le soir.
3, brouillard tout le jour.
4, 5 et 6, brouillard tout le jour.
7, neige et brouillard tout le jour.
8, brouillard tout le jour; quelques flocons de neige.
9, brouillard le soir, assez forte bise.
10, brouillard, forte bise et neige tout le jour.
11, tout le jour forte bise et brouillard; il est tombé un peu de neige qui n'a pas pu être mesurée.
12 et 13, toute la journée forte bise et neige.
14, la bise est moins forte que les deux jours précédents; brouillard tout le jour et neige.
15, brouillard et neige presque tout le jour.
16 et 17, brouillard le matin et le soir; assez forte bise.
19, brouillard et neige tout le jour, par le vent de SO.
22, brouillard et neige.
23, brouillard depuis midi.
24, brouillard le matin; pluie le soir.
25, brouillard le matin; pluie à midi.
26, brouillard le soir.
27, brouillard le matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 6 à 10 h. soir	558,74	Le 3 à 6 h. soir	553,45
14 à 10 h. soir	566,06	9 à 2 h. après midi	551,46
20 à 8 h. soir	566,01	16 à 6 h. matin	560,62
31 à 8 h. soir	573,88	24 à 6 h. matin	557,69

SAINT-BERNARD. — MAI 1874.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.		Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim				
1	559,50	— 3,22	558,68	560,16	— 1,63	— 0,20	— 3,1	+ 2,2	.....	.....	....	NE.	2	0,60
2	556,53	— 6,29	555,26	557,27	— 5,99	— 4,71	— 8,6	— 2,0	.....	.....	....	NE.	1	0,62
3	554,03	— 8,89	553,45	554,75	— 5,98	— 4,84	— 7,8	— 3,4	.....	.....	....	SO.	1	0,98
4	555,40	— 7,62	554,15	556,65	— 7,39	— 6,39	— 8,8	— 3,7	.....	.....	....	NE.	1	0,92
5	556,33	— 6,78	555,94	556,74	— 6,27	— 5,41	—11,0	— 0,9	.....	.....	....	NE.	1	0,78
6	557,97	— 5,23	557,24	558,74	— 4,16	— 3,44	— 9,0	+ 2,0	.....	.....	....	NE.	1	0,32
7	557,82	— 5,48	556,63	558,52	— 3,81	— 3,23	— 5,0	+ 0,4	70	6,9.	....	variable		0,96
8	554,96	— 8,44	554,25	555,74	— 5,21	— 4,77	— 8,3	— 1,2	.....	.....	....	NE.	1	1,00
9	551,66	—11,84	551,46	552,01	— 7,63	— 7,33	—11,2	— 3,9	.....	.....	....	NE.	2	0,72
10	553,08	—10,52	551,50	555,42	— 7,50	— 7,34	— 9,0	— 4,2	40	3,8.	....	NE.	2	1,00
11	556,25	— 7,44	555,89	556,53	— 6,63	— 6,61	— 8,9	— 3,6	.....	.....	....	NE.	3	0,99
12	556,85	— 6,94	555,46	558,49	— 7,16	— 7,28	— 8,7	— 5,0	.....	.....	....	NE.	3	0,98
13	561,39	— 2,50	558,79	563,75	— 6,69	— 6,95	— 8,2	— 5,1	.....	.....	....	NE.	2	0,96
14	564,74	+ 0,75	563,70	566,06	— 4,26	— 4,66	— 5,3	— 0,9	45	4,0.	....	NE.	2	1,00
15	563,60	— 0,49	561,10	565,65	— 3,74	— 4,27	— 7,8	— 0,9	50	4,2.	....	NE.	1	0,93
16	561,79	— 2,39	560,62	562,83	— 9,45	—10,11	—10,2	— 7,3	.....	.....	....	NE.	2	0,62
17	561,93	— 2,35	561,63	562,31	— 7,72	— 8,52	—10,7	— 4,9	.....	.....	....	NE.	2	0,63
18	561,59	— 2,79	561,04	562,60	— 4,98	— 5,91	— 8,2	— 1,6	.....	.....	....	NE.	1	0,33
19	563,09	— 1,39	562,49	563,53	— 3,56	— 4,62	— 5,3	— 0,5	200	18,4.	....	SO.	1	0,82
20	565,21	+ 0,64	563,92	566,01	— 1,81	— 3,00	— 6,8	+ 1,6	.....	.....	....	SO.	1	0,00
21	565,71	+ 1,05	565,61	565,92	+ 1,34	+ 0,02	— 2,0	+ 4,2	.....	.....	....	SO.	1	0,60
22	563,08	— 1,68	561,65	564,33	— 1,23	— 2,68	— 0,9	+ 0,1	104	15,6.	....	SO.	1	1,00
23	559,74	— 5,12	558,65	560,64	+ 0,14	— 1,44	— 1,7	+ 3,9	.....	.....	....	calme		0,87
24	558,72	— 6,23	557,69	560,08	+ 1,25	— 0,46	0,0	+ 4,6	.....	.....	....	NE.	1	0,89
25	560,75	— 4,29	560,15	561,20	+ 2,34	+ 0,51	0,0	+ 6,5	.....	26,2	....	NE.	1	0,84
26	561,40	— 3,73	561,14	561,80	+ 1,79	— 0,16	+ 0,5	+ 5,8	.....	.....	....	NE.	1	0,86
27	562,74	— 2,49	560,97	565,01	+ 1,45	— 0,62	+ 0,1	+ 4,3	.....	.....	....	NE.	1	0,63
28	567,38	+ 2,06	566,08	568,53	+ 1,37	— 0,82	— 3,0	+ 4,5	.....	.....	....	NE.	1	0,14
29	569,58	+ 4,17	568,97	570,36	+ 6,01	+ 3,70	+ 1,0	+10,2	.....	.....	....	NE.	1	0,11
30	570,80	+ 5,30	570,20	571,31	+ 8,68	+ 6,25	+ 3,5	+12,8	.....	.....	....	calme		0,11
31	573,07	+ 7,48	572,27	573,88	+ 8,12	+ 5,57	+ 4,3	+12,3	.....	.....	....	NE.	1	0,21

* Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1874.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	555,73	555,66	555,70	555,72	555,69	555,73	555,79	555,93	555,80
2e »	560,95	561,12	561,39	561,70	561,78	561,61	561,89	562,19	562,38
3e »	564 42	564,56	564,74	564,88	564,71	564,89	564,91	565,16	565,28
Mois	560,50	560,58	560,74	560,90	560,85	560.88	560,99	561,23	561,29
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 7,52	— 5,27	— 3,58	— 1,85	— 2,39	— 3,75	— 5,42	— 6,42	— 7,07
2e »	— 7,59	— 5,70	— 4,28	— 2,93	— 3,13	— 3,62	— 4,82	— 5,48	— 6,10
3e »	+ 0,19	+ 3,26	+ 4,63	+ 6,03	+ 5,45	+ 4,55	+ 3,49	+ 2,64	+ 2,10
Mois	— 4,81	— 2,38	— 0,89	+ 0,60	+ 0,15	— 0,76	— 2,06	— 2,90	— 3,50

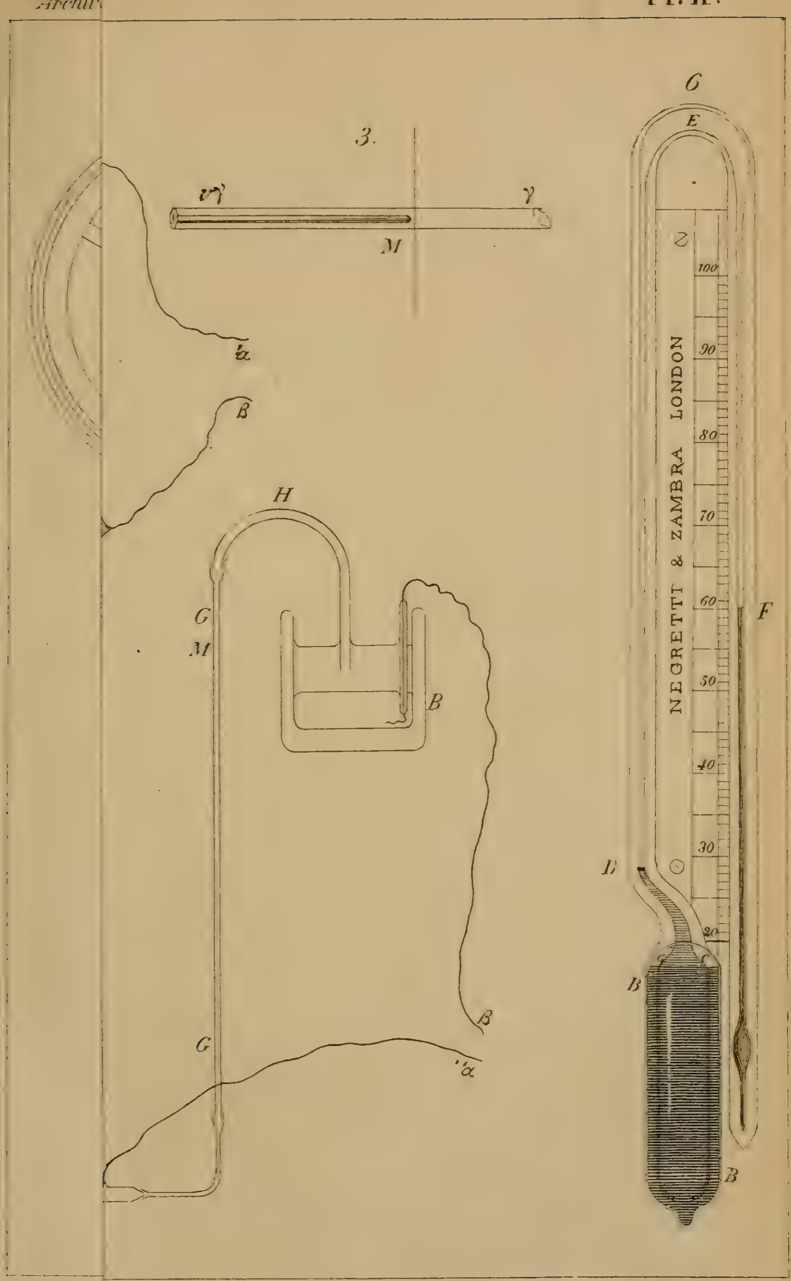
	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 8,18	— 1,47	0,79	10,7	110
2e »	— 8,01	— 2,75	0,73	26,6	295
3e »	+ 0,16	+ 6,29	0,57	41,8	104
Mois	— 5,16	+ 0,87	0,69	79,1	509

Dans ce mois, l'air a été calme 9,3 fois sur 100.

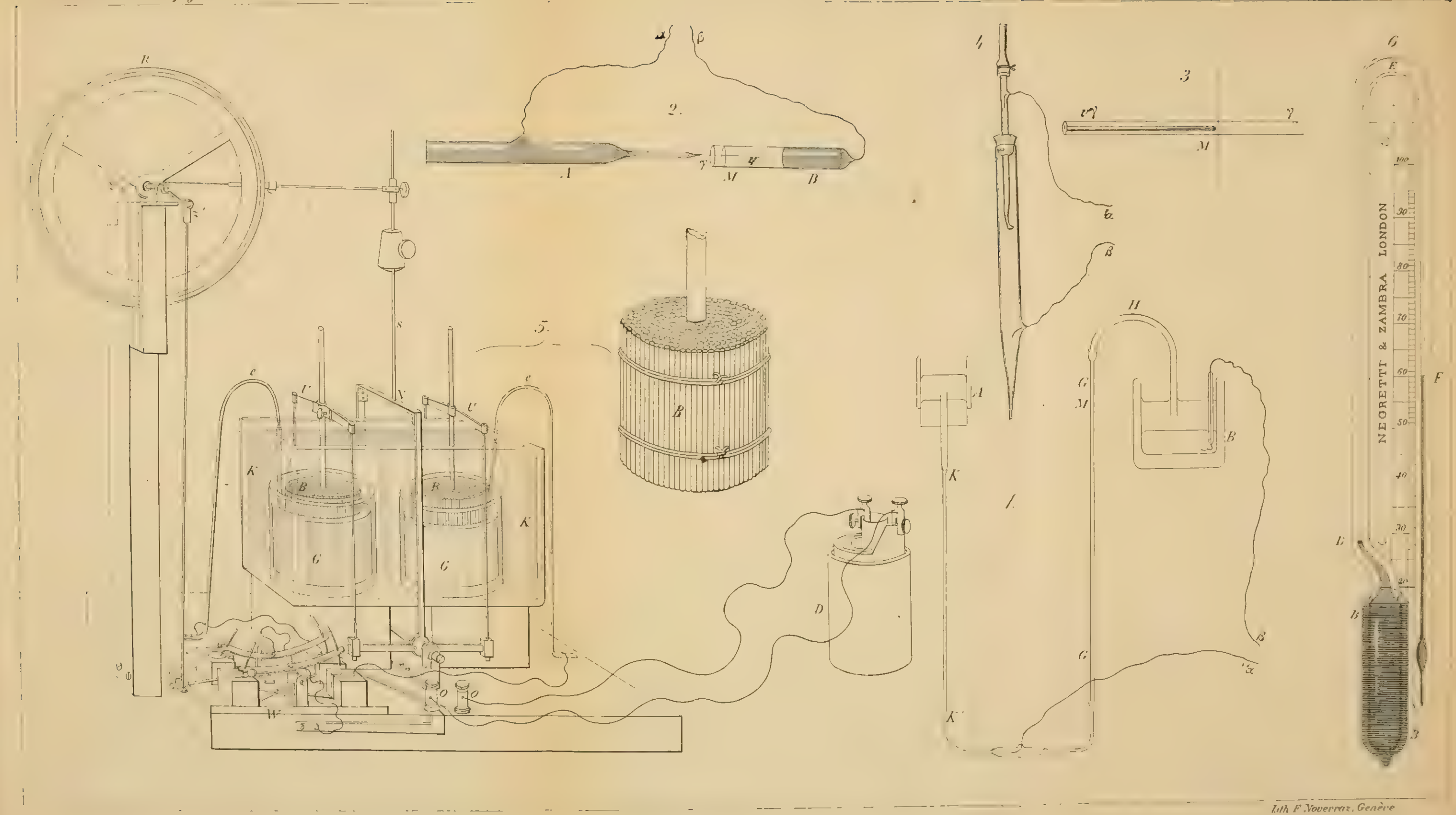
Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 5,39 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45 E., et son intensité est égale à 88,2 sur 100.

* Voir la note du tableau



Lith. F. Noverraz, Genève


NEGRETTI & ZAMBRA LONDON
Lith F. Noverraz, Genève

SUR LA

DÉCHARGE ÉLECTRIQUE

DANS L'AURORE BORÉALE

ET

LE SPECTRE DU MÊME PHÉNOMÈNE

D'APRÈS DES OBSERVATIONS FAITES PENDANT UN VOYAGE DANS LA LAPONIE FINLANDAISE EN 1871 [1]

PAR

M. SELIM LEMSTRÖM
Agrégé à l'Université d'Helsingfors.

Sur la décharge électrique dans l'aurore boréale.

§ 1. L'électricité atmosphérique se décharge sous des formes très-variables, mais en général on peut distinguer deux groupes principaux que l'on pourra nommer : *décharges violentes* et *décharges lentes*. Au premier des deux appartiennent la foudre globulaire, l'éclair de première espèce et l'éclair de seconde espèce d'Arago. Au second l'aurore boréale et tous ces phénomènes lumineux singuliers qui se passent ou près de la surface de la terre, ou dans les hautes régions de l'atmosphère et que nous allons ici examiner de plus près. Il y a une différence remarquable à noter entre les deux espèces de décharges, à savoir que la première espèce se produit toujours entre deux nuages ou entre un nuage et la

[1] Le voyage fut fait aux frais de la Société scientifique de Finlande pour un but météorologique.

terre[1], tandis que la seconde espèce s'accomplit le plus souvent sans nuages; mais elle peut aussi avoir lieu entre deux nuages ou entre un nuage et la terre. Il est évident que les deux espèces de décharges dépendent de la tension électrique des corps entre lesquels elles ont lieu, ainsi que du pouvoir conducteur du milieu. Si, entre les corps électriques, il se trouve un bon isolateur, comme, par exemple, de l'air sec, la décharge est violente; mais si l'isolateur est moins bon, elle est lente. L'éclair de seconde espèce peut être regardé comme étant sur les limites des deux types de décharges.

On sait que les opinions concernant l'aurore boréale ont beaucoup varié et que ce n'est qu'après de longs débats qu'est née l'idée qui, selon moi, est à présent la plus répandue, c'est-à-dire que l'aurore boréale est un phénomène qui consiste en une décharge de l'électricité atmosphérique. Publiée depuis longtemps, cette opinion a gagné du terrain avec les théories de MM. Peltier et A. de la Rive. Dans un mémoire de M. Dellman (l. c.) sur ce sujet, où il examine les différentes opinions qui peuvent être regardées comme des explications scientifiques de ce phénomène, la théorie magnétique et la théorie aéroélectrique, il conclut que cette dernière doit avoir la préférence.

Sans pénétrer dans les détails de ce mémoire, je veux en faire ressortir un côté. M. Dellman estime que si l'au-

[1] Cette considération a amené le Dr Dellmann (Zeitschrift für Math. u. Phys. 6. Jahrgang, 1861, p 175) à établir une distinction entre l'électricité des nuages et celle de l'air. Toutefois cette différence tient simplement à ce que l'électricité des nuages se trouve amassée sous une plus grande tension dans un conducteur relativement bon, tandis que l'autre est répandue sur un très-grand espace qui est mauvais conducteur.

rore boréale est une décharge électrique, comme on tend de plus en plus à l'admettre, le phénomène ne doit pas se produire exclusivement aux environs des pôles. Par une série de faits recueillis dans les publications de divers savants, il cherche à établir que des phénomènes de la nature de l'aurore boréale ont été observés et décrits dans plusieurs régions du globe. Il serait trop long de citer toutes ces observations, je renvoie donc au mémoire même et n'expose que les plus importantes.

Au Pérou, en Bolivie et au Chili on a observé sur les cimes des montagnes une lueur singulière qui a été comparée à celle qui se montre dans l'éclair de seconde espèce. Un grand nombre d'observateurs[1] ont examiné ce phénomène, mais leurs opinions diffèrent. Entre tous les savants qui l'ont observé, Dellman regarde Tschudi comme le plus sûr, et celui-ci décrit le phénomène comme une lueur, continuée sur les sommets et les cimes.

Elle se montre avec la plus grande intensité pendant les mois d'été ; elle commence dès que le soleil est couché et dure jusqu'à minuit. Parfois le phénomène semble s'élever de quelques degrés au-dessus de l'horizon. On l'observe le plus distinctement pendant les nuits d'été, mais elle ne se montre pas chaque nuit, elle disparaît pour quelque temps pour recommencer avec une nouvelle force. En mettant de côté toutes les autres explications de ce phénomène, M. Dellman ne s'attache qu'à celle de Tschudi qui le regarde comme semblable à l'éclair de seconde espèce.

Il est évident que l'on a ici affaire à une décharge électrique de la nature de l'aurore boréale, à juger du moins par les circonstances particulières qui l'accompa-

[1] Selon Dellmann (l. c.), Tschudi, Maesta et d'autres.

gnent et surtout à l'état électrique de l'air. On observe généralement avec ce phénomène une haute tension dans l'électricité atmosphérique, tandis que le tonnerre éclate très-rarement. Dans quelques endroits, par exemple le désert Abacama, la quantité d'électricité atmosphérique est telle que le passage en devient presque impraticable pendant les mois d'hiver.

M. Dellman parle aussi de l'observation faite par Castren, en Laponie : « On voit souvent les sommets des montagnes entourés d'une lueur légère. Cette lueur semble s'élever du roc même, comme la flamme du cratère d'un volcan. Elle se répand sur tout le ciel, flamboie un instant et disparaît pour s'élever et disparaître de nouveau. »

A cette classe de phénomènes appartiennent sans doute les observations qui ont été faites sur les Alpes et au Mexique, et qui sous le titre de « Observations sur le bourdonnement électrique des montagnes, » ont été publiées par M. Henri de Saussure[1]. Le phénomène a été vu en plusieurs occasions par différents savants : le 22 juin 1865 sur le Piz Surley, environ 3200 mètres; au mois d'août 1856 sur la Nevada de Salula, au Mexique, et le 19 mai 1845, d'un autre savant, Craveri, à la même place. Les circonstances relatées par les divers observateurs ont présenté une grande analogie. Pendant que les cimes des montagnes étaient entourées d'un nuage d'où tombait du grésil, une lente décharge d'électricité avait lieu de manière qu'un courant d'étincelles sortait de tous les objets proéminents, des cimes des montagnes et de leurs pentes, des doigts, et des oreilles des voya-

[1] *Archives des Sciences physiques et natur.*, 1868, t. XXXI, p. 15.

geurs, etc. La décharge était forte surtout dans les bâtons des voyageurs qu'on avait mis de côté à la visite sur le Piz Surley, et qui donnaient un son mugissant pendant que dura le phénomène, quelle que fût leur position. Dans toutes ces occasions on remarqua des orages dans le lointain. M. Craveri a encore observé un phénomène semblable sur la cime du Popocatepelt, le 15 septembre 1855.

Des observations du même genre ont été faites :

1767, par M. B. de Saussure, sur la cime du Brévent, en société de Pictet et de Jacobert.

1856, au mois de juillet, par M. Alizier, de Genève, sur la cime de l'Oldenhorn.

1863, au mois de juillet, par M. Spence Watson, sur le sommet de la Jungfrau.

Enfin par M. Forbes, au Saint-Théodule.

Il est clair que ces phénomènes ressortent avec un éclat particulier pendant la nuit, et M. Blackwall en a aussi observés sur le Mont-Blanc, la nuit du 11 août 1854.

On doit ranger aussi dans la même catégorie les phénomènes singuliers qui ont été observés par M. Quiquerez, près de Courtamon, c'est-à-dire une flamme électrique, voltigeant au-dessus des prairies et qui provenait, sans doute, de ce qu'un nuage électrique flottait tout près de la terre et se déchargeait en des milliers de petites étincelles. Après cette énumération M. Dellmann ajoute :

« Si l'on rapproche les observations que nous venons d'indiquer, on y remarquera divers traits communs :

1° L'écoulement de l'électricité par les rochers culminants des montagnes se produit par un ciel couvert, chargé de nuages bas, enveloppant les cimes ou passant

à une petite distance au-dessus d'elles, mais sans qu'il y ait des décharges électriques au-dessus du lieu où se produit l'écoulement continu. Il semble donc que lorsque cet écoulement peut se produire, il soulage assez la tension électrique pour empêcher une décharge violente.

2° Dans tous les cas observés, le sommet de la montagne était enveloppé par une giboulée de grésil, ce qui doit faire supposer que l'écoulement continu de l'électricité du sol vers les nuages n'est pas étranger à sa formation et probablement aussi à celle de la grêle, etc.

Une observation qui a fait beaucoup de bruit est celle faite par M. Paul Rollier qui, pendant le siége de Paris, arriva en ballon dans une contrée montueuse de la Norwége, *Lide,* à une hauteur d'environ 1300 mètres, où tout était couvert de neige[1]. Voici son récit: «Par un brouillard peu épais on pouvait voir reluire des rayons brillants de l'aurore boréale qui répandait partout une lumière singulière. Bientôt après on entendit un son étrange, un mugissement inconcevable. Le mugissement finit, et alors on sentit une odeur de soufre, forte, presque suffocante.» Les circonstances romantiques dans lesquelles ces observations furent faites ont beaucoup contribué à y attacher l'attention du monde scientifique.

A ces observations, on peut ajouter celles qui furent faites au Spitzberg dans l'expédition polaire de 1868[2], sur les phénomènes de lumière autour des cimes des montagnes. On a prouvé, à l'aide du spectroscope, que ces derniers, très-semblables du reste aux phénomènes

[1] *Archives des Sciences physiques et natur.*, juillet 1871, t. XLI.

[2] *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences de Suède*, 1869, n° 7, p. 670 et 672. — *Archives des Sciences physiques et natur.*, juin 1871, p. 142.

dont il vient d'être question, étaient de même nature que l'aurore boréale[1].

Pendant l'expédition en Laponie, on voua une attention toute spéciale à cet ordre de faits et les résultats confirmèrent sous tous les rapports les observations antérieures. Du presbytère d'Enare, dans la Laponie finlandaise, d'où ces observations se faisaient, on voit à une distance d'environ deux lieues à l'O.-S.-O. les cimes de la montagne d'Atsamovaard, et à une distance d'environ une demi-lieue à l'O.-N.-O. les cimes de Luosmavaara. Quand le temps était humide, j'avais souvent cru voir, autour de ces cimes, des apparences lumineuses qui, en forme de flammes rayonnantes, voltigeaient de côté et d'autre avec une grande rapidité, surtout sur le sommet du Luosmavaara. Le 22 novembre, ce phénomène était plus distinct qu'à l'ordinaire et je l'examinai alors avec le spectroscope. La fente étant dirigée de telle sorte que la lumière du som-

[1] Dans le mémoire où j'ai rendu compte des observations de l'aurore boréale dans l'expédition polaire de 1868, j'ai omis un phénomène qui se montrait sous une forme bien singulière. L'observation a été faite sur le bateau à vapeur *Sofia*, qui se tenait à l'ancre auprès de l'île Amsterdam, dans le golfe de Smeerenberg, le 1er septembre. La partie septentrionale de l'île consiste en une vaste plaine au delà de laquelle on voit la mer. Il commençait à neiger légèrement, et l'on pouvait très-bien voir que les flocons tombaient obliquement ; tout à coup apparut un phénomène lumineux qui, partant de la surface de la terre, montait tout droit et coupait les raies de neige sous un certain angle. Tout le phénomène ne dura que quelques secondes.

Une personne digne de foi qui passait en hiver par une forêt, dans les environs de Pielisjârvi en Finlande, a fait une observation bien remarquable. Un mugissement subit se fit entendre dans la forêt et des jets de lumière apparurent au bout des branches des arbres; tous les détails s'accordent pour prouver que c'était une décharge électrique. Quelques ouvriers qui étaient présents ont assuré que le fait est très-fréquent.

met pouvait y pénétrer, la ligne jaune caractéristique se montra avec la plus grande clarté, et d'une manière qui permettait à peine de douter que la réaction ne provînt des flammes qui s'échappaient de la montagne. Le phénomène ne se montrait pas constamment, mais augmentait et diminuait d'éclat tour à tour. Son intensité variait à chaque instant, et en même temps j'ai pu observer la variabilité singulière de la raie jaune que j'avais déjà constatée précédemment et qui annonce une source de lumière discontinue[1]. Cette raie spectrale s'observait non-seulement lorsqu'on visait la montagne, elle se montrait aussi, quoique bien plus faible, lorsque la fente était dirigée vers un lac couvert de neige, un toit aussi couvert de neige et même de la neige tout près de l'observateur. J'ai vu aussi, mais très-indistinctement, soit un spectre continu, soit le groupe des deux bandes spectrales vertes; mais nous en parlerons plus tard.

§ 2. De toutes ces observations, il résulte avec la plus grande probabilité que les décharges semblables à l'aurore boréale ont lieu aussi dans les couches inférieures de l'atmosphère et cela non-seulement dans les contrées polaires, mais aussi en d'autres lieux où les circonstances sont favorables. J'insiste sur ce fait que j'ai retrouvé la réaction spectrale caractéristique de l'aurore boréale sur la neige, tout autour de moi, et j'en conclus qu'une décharge, qui ne se voyait pas sans spectroscope, avait lieu sur la surface du sol et que celle-là se serait montrée de loin comme une faible lueur d'aurore boréale. On peut en tirer encore une conclusion, c'est que la décharge qui constitue l'aurore boréale est en général répandue sur

[1] *Comptes rendus de l'Académie de Suède*, l. c., et *Archives des Sciences phys. et natur.*, l. c.

une très-grande surface. *Je remarque en outre que lorsqu'on n'est pas certain de la nature d'un phénomène lumineux de cette sorte, le spectroscope est un moyen sûr pour découvrir si on a affaire à de la lumière polaire, car dans ce cas la ligne jaune caractéristique apparaît sûrement.*

De même que le spectroscope s'est montré propre à observer les raies brillantes des protubérances, parce que la lumière du soleil se répand sur tout le champ spectral, tandis que la lumière, des protubérances, se concentre en quelques lignes, il arrive ici qu'une lumière étrangère, comme celle du clair de lune ou des nuages luisants, disparaît auprès de la réaction spectrale de l'aurore boréale qui se concentre en une seule ligne.

Pour reconnaître si ces phénomènes se montraient aussi dans des contrées méridionales, j'ai fait l'hiver passé, ici, à Helsingfors, des observations analogues chaque fois que les circonstances me parurent favorables, par exemple lors des changements de temps; mais ces observations ont donné un résultat négatif, ce qui tient peut-être à ce que je n'avais pas une vue assez étendue du point où je les faisais.

§ 3. J'ai fait ailleurs un résumé de toutes les raisons qui parlent en faveur de l'origine électrique de l'aurore boréale. Les principales sont : les effets électromagnétiques du phénomène, la ressemblance singulière de la lumière avec la lumière électrique dans l'air raréfié, les résultats de l'analyse spectrale, la hauteur variable du phénomène sur la surface de la terre, surtout dans les contrées polaires, le nombre décroissant des orages de l'équateur vers les pôles, les décharges de la nature de l'aurore boréale qui s'accomplissent entre des couches de

nuages, le fait que le phénomène change de place et ne se montre pas toujours autour du pôle magnétique, etc.

Pendant qu'à l'équateur il y a en moyenne 52 orages par an, on peut admettre qu'il n'y en a plus ou à peu près plus à partir du 70me degré de latitude nord, et la cause en est évidemment que la décharge a changé de forme, qu'elle a passé de l'état de foudre à celui d'aurore boréale.

En passant par la Laponie, j'ai pris des informations concernant les orages dans les contrées septentrionales, et j'ai appris que leur nombre y est relativement petit, mais qu'ils sont d'une très-grande violence. La plupart des personnes que j'ai questionnées avaient été présentes à un coup de foudre, et en considérant le petit nombre des habitants en Laponie, ce fait aura une plus grande valeur. En outre dans ces contrées on observe souvent l'éclair sous forme d'une boule de feu. Si incomplètes que soient ces observations, il me semble pourtant qu'elles indiquent que plus on s'approche du nord, plus les orages s'abaissent vers la terre affectant souvent la forme d'éclairs globulaires, ce qui a probablement sa cause dans l'humidité relative de l'air. En hiver, les nuages descendent très-bas et on les voit souvent devant des sommets de montagnes qui ne sont point hauts. Les sauts brusques étant inadmissibles dans les lois de la nature, cet abaissement des orages parle aussi en faveur d'une transformation graduelle de l'orage en aurore boréale, de sorte que celle-ci commence quand celui-là a touché la terre.

Quant aux effets électromagnétiques de l'aurore boréale, j'en ai fait l'objet de quelques observations combinées avec une étude expérimentale du courant terrestre (Erdstrom de Lamant). Cette étude fut faite à Kittilâ, sur

deux fils isolés, de cuivre d'une épaisseur de 0,4^{mm}, tendus dans deux directions perpendiculaires, nord-sud, est-ouest, et portés par des poteaux enfoncés en terre. Ces fils avaient une longueur de 2000 mètres à peu près ; ils se terminaient à chacune de leurs extrémités par une plaque de platine ayant une longueur d'un décimètre environ et une largeur d'un demi-décimètre enterrées dans une position verticale. Partant de ces plaques, les fils pénétraient dans l'intérieur d'une chambre où ils aboutissaient à un galvanomètre, accompagné d'un magnétomètre de Weber, modifié par M. Edlund. Le multiplicateur consistait en trois couches de fil de cuivre isolé, lesquelles pouvaient être combinées de différentes manières et le couple d'aiguilles astatiques pendait à un fil d'argent fin dont la torsion était la principale force dirigeante ; la lecture se faisait au moyen d'un miroir et d'une échelle. Sous l'action du courant terrestre, ce galvanomètre donnait une assez grande déviation dans la direction de l'est-ouest, et quand il se produisait une aurore boréale, ces déviations subissaient de grands changements. En même temps les instruments de variations magnétiques montraient une grande perturbation. Nous montrerons ensuite qu'il n'y a pas lieu de regarder ces variations des déviations galvanométriques comme des phénomènes d'induction produits par l'aurore boréale, mais qu'il faut les prendre pour des perturbations dans le courant terrestre même. Parfois j'ai cru remarquer un tremblement dans le couple d'aiguilles du galvanomètre, comme si des courants momentanés traversaient le galvanomètre en directions opposées ; mais je n'en suis pas entièrement convaincu. Le caractère général que présentaient les variations d'intensité du courant terrestre n'était pas de nature à dénoter des décharges

d'induction subites; les variations se produisaient assez lentement.

Arrivé au presbytère d'Enare, j'ai placé le fil et le galvanomètre ainsi que les instruments de variation magnétique de la même manière qu'à Kittilâ. A mon grand étonnement, le courant terrestre donna ici de si petites déviations qu'on pouvait à peine les mesurer, et malgré des aurores boréales très-violentes on n'a pu remarquer aucun effet sur le couple d'aiguilles. Les fils furent soigneusement examinés et ne présentèrent aucun défaut de continuité; les plaques de platine étaient si profondément enterrées qu'elles se trouvaient dans une terre qui n'avait point été gelée, car le froid était si dur que la gelée avait pénétré dans la terre environ 1,25 pieds. Je conclus de cet essai que les variations d'intensité du courant terrestre observées à Kittilâ avaient été causées par des perturbations dans ce courant même et non par des effets d'induction. On pourrait peut-être chercher la cause de ces perturbations dans des courants directs, produits par cette même électricité qui se décharge dans l'aurore boréale. Dans cette hypothèse Enare serait trop septentrionale, se trouvant, pour ainsi dire, au milieu de la décharge, pour que ces courants y puissent être appréciables. Si ces variations sont des perturbations dans le courant terrestre même, il faudra en conclure qu'il y a une cause commune pour ces perturbations, pour les perturbations magnétiques et pour les aurores boréales, cause qu'il faudra chercher hors de la terre. Ce point ne pourra être éclairci que par des recherches continues. Pour donner des résultats satisfaisants, ces observations devraient être faites en même temps sur plusieurs points de la terre, et

ce qu'on vient de voir prouve qu'un de ces points au moins devrait être choisi dans les régions polaires.

J'ai essayé en même temps d'examiner la tension statique électrique, mais je n'ai obtenu que des résultats négatifs, évidemment par manque d'isolation, car l'électroscope qui, dans une chambre et sous l'action d'un bâton de cire électrisé, donnait une grande déviation, ne donnait pas en plein air la moindre déviation, quoique l'air dans l'intérieur de l'instrument eût été séché avec du chlorure de calcium.

Ces recherches se firent sur la Luosmavaara, parce que toutes les observations ont prouvé que plus on monte dans l'atmosphère, plus l'électricité augmente.

Enfin, je crois devoir citer une expérience qui n'a pas, il est vrai, donné de résultat décisif, mais n'en est pas moins de nature à provoquer de nouvelles et importantes recherches. Si l'aurore boréale est une véritable décharge électrique, elle doit agir sur un galvanomètre. En partant de cette idée, j'ai fait l'expérience suivante : un fil isolé par de la soie courait sur la neige du galvanomètre jusqu'au sommet de Luosmavaara, environ une demi-lieue, et là il aboutissait à un appareil destiné à recueillir l'électricité. Cet appareil était composé d'une couronne de pointes de fils de cuivre poli, qui étaient en connexion les uns avec les autres et avec le fil conducteur. L'autre extrémité du fil du galvanomètre était reliée à une plaque de platine, destinée à recueillir l'électricité. Déjà, avant que l'appareil enfoncé en terre fût en ordre, le galvanomètre donna une déviation de 0,3 division d'échelle ; la communication ayant été établie après que cet appareil eut été placé sur un poteau élevé planté au sommet de la montagne, on observa plusieurs fois 0,5 et jusqu'à

0,8 divisions d'échelle. Il se produisait donc un renforcement du courant quand l'appareil de recueillement fonctionnait.

Quoiqu'on ne puisse pas encore tirer de conclusion de ces premiers essais, il me semble pourtant qu'ils mériteraient d'être repris et devraient aboutir à des résultats intéressants. Nous avons vu plus haut que l'aurore boréale a toujours lieu sur une surface très-étendue, de sorte que la quantité d'électricité soutirée par l'appareil de recueillement devait être très-petite. Le soir même où cet appareil fut installé sur la montagne, il arriva une circonstance bien singulière. Une aurore boréale commença par un seul rayon qui s'élevait juste au-dessus de la montagne; cependant la déviation du galvanomètre n'en fut pas sensiblement modifiée. En revanche, lorsque le fil fut examiné le lendemain, il se montra qu'il était brisé en un endroit [1] et, malheureusement, mon temps ne me permettait pas de continuer ces recherches.

§ 4. Dans quel sens la décharge électrique s'accomplit-elle dans l'aurore boréale ? Toutes les observations s'accordent en ce que l'électricité atmosphérique est en général positive [2], qu'elle augmente à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère, et que, par conséquent, la décharge résulte de la combinaison du $+e$ de l'atmosphère avec le $-e$ de la terre. Si l'on compare l'aurore boréale avec la décharge d'une machine de Holtz, par exemple dans un air raréfié, on reconnaît, en effet, une ressemblance frappante [3], d'où il résulte que la terre constitue,

[1] Ce dommage avait été fait par quelques oiseaux qui, en marchant sur la neige, avaient tendu le fil jusqu'à ce qu'il se brisât.

[2] Dellmann (l. c.).

[3] *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences de Suède* (l. c.).

pendant l'aurore boréale, le pôle négatif et l'air raréfié dans les hautes régions de l'atmosphère le pôle positif. Une circonstance qui semble parler contre cette manière de voir, est que la lumière se montre d'abord en bas et s'élève à mesure que le phénomène se développe. Mais cela ne peut être qu'une apparence. Au moins, je ne vois pas pourquoi, le courant allant du haut en bas, la décharge ne peut commencer en bas et s'élever dans l'atmosphère jusqu'à ce qu'elle ait atteint son point culminant dans la couronne où le phénomène est complétement développé et consiste en un courant du haut en bas. Cela produirait la même apparence que si le courant allait de bas en haut. Dans une aurore boréale, complétement développée, la couronne est le pôle positif, et la terre, ou du moins les couches d'atmosphère qui sont tout près de la terre, le pôle négatif. La bande noire qui s'observe au-dessous de l'arc de l'aurore boréale est l'équivalent de l'espace obscur qu'offre la décharge dans les gaz raréfiés.

Quant à la couronne de l'aurore boréale, je maintiens mon opinion qu'elle n'est pas seulement un phénomène de perspective, mais que les rayons de l'aurore boréale subissent une véritable flexion. Celle-ci a deux causes. L'aurore boréale peut être regardée comme composée d'un nombre infini de courants flexibles, et le pouvoir conducteur devenant plus grand à mesure que la décharge s'élève, l'intensité de chacun de ces courants élémentaires en est accrue, ainsi que l'action dirigeante qu'exerce sur eux le magnétisme terrestre conformément à la loi de Plücker [1]. Mais ces courants allant tous dans la même direction doivent s'attirer les uns les autres, d'où il résulte

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, t. LIV, 3me série, p. 239.

une tendance au rapprochement qui augmente avec l'intensité du courant[1]. La couronne est très-rarement ouverte, mais presque toujours fermée au milieu, ce qui exclut l'idée qu'elle ne serait qu'un effet de perspective. J'ai vu plusieurs fois la couronne se fermer complétement, quoique les rayons ne se fussent montrés d'abord que dans une partie du firmament[2]. Ceci se passe ordinairement de la manière suivante : au moment où la couronne se forme, des rayons faibles se montrent du côté où il n'y en avait pas encore, mais ces rayons sont d'abord très-courts et c'est par eux que la couronne se complète. Je constatai ce fait très-nettement le 19 novembre au début d'une aurore boréale très-intense. Les rayons, dont le point de départ était à 75° au-dessus de l'horizon, étaient très-courts et répandus d'abord sur un arc de 48° seulement; la couronne se compléta comme je viens de le dire.

Si l'on applique à la décharge électrique de l'aurore boréale les idées de M. Edlund[3] qui, en rejetant les deux fluides électriques, considère les mouvements de l'éther comme la cause de tous les phénomènes électriques, on arrive à une théorie très-simple sans faire aucune hypothèse nouvelle. Suivant Edlund, tous les corps possèdent, dans l'état naturel, une certaine quantité d'éther; si cette quantité augmente en quelque manière, ils de-

[1] Ce cas, comme je l'ai déjà dit précédemment (dans les *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences de Suède*, l. c., et dans les *Archives des Sciences*, l. c.), est fort compliqué par l'existence de la force électromotrice découverte par M. Edlund, et qui pourrait peut-être bien diminuer cette tendance au rapprochement.

[2] *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences de Suède*, l. c.

[3] *Edlund*, Sur la nature de l'électricité (*Archives des Sciences phys. et natur.*, 1872).

viennent positivement électriques, et négativement électriques si elle diminue. Dans l'un et l'autre cas, l'éther tend à reprendre son équilibre, et cela se fait par une décharge. D'une manière ou d'une autre l'éther s'accumule dans les plus hautes régions de l'atmosphère et s'y maintient, isolé qu'il est par les couches inférieures de l'air, jusqu'à ce que sa quantité augmente à un tel point qu'il arrive à vaincre la résistance des couches d'air sous-jacentes et se répandre de l'atmosphère vers la terre, avec violence, sous forme de foudre, ou lentement, sous forme d'aurore boréale.

Outre sa simplicité, cette théorie a encore un autre avantage en permettant de se rendre compte du rapport qui semble exister entre le phénomène des aurores boréales et l'état du soleil[1] entre la périodicité du nombre et de la grandeur des taches du soleil et celle du nombre et de l'intensité des aurores boréales. Ici, il ne faut pourtant pas considérer le nombre des aurores boréales dans les régions arctiques, car dans ces régions on n'observe pas cette périodicité, ce qui semble prouver que ce ne sont que les limites de l'espace dans lequel ont lieu les aurores boréales qui sont sujettes à ces variations.

Tout l'espace étant rempli d'éther, il est bien clair qu'une modification dans l'état du soleil et un trouble dans l'état d'équilibre de l'éther qui s'y trouve, doit avoir de l'influence sur l'état de l'éther sur la terre.

C'est aux recherches à venir d'expliquer plus clairement les détails dans la décharge électrique de l'aurore boréale, et il me semble qu'il serait très-essentiel de pouvoir montrer et mesurer directement le pouvoir élec-

[1] *Loomis* et *de la Rive*, *Archives des Sciences*, tome XL, avril 1871.

trique de l'aurore boréale. Cette expérience doit absolument être mise en rapport avec des études exactes du courant terrestre, car je suis convaincu qu'il joue un rôle très-important dans les perturbations magnétiques et qu'il appartient à cette grande classe de phénomènes qui, quoiqu'ils ne naissent pas les uns des autres, ont un rapport de causes très-intime. Ce serait un rapport de cette nature qui existerait entre les aurores boréales et les perturbations magnétiques.

(La suite au prochain numéro.)

SUR LA POLARISATION
PAR DIFFUSION DE LA LUMIÈRE

PAR

M. J.-L. SORET[1].

Sur le pouvoir réfléchissant des flammes.

J'ai publié, il y a quelques mois, une première Note[2] à l'occasion d'un mémoire de M. G.-A. Hirn, dans lequel il a émis l'hypothèse que les particules solides incandescentes, qui produisent l'éclat des flammes d'après la théorie de Davy, deviennent transparentes à la haute température à laquelle elles sont portées et ne possèdent plus de pouvoir

[1] Deux extraits de ce Mémoire ont été communiqués à l'Académie des Sciences de Paris.

[2] *Sur quelques phénomènes de polarisation par diffusion de la lumière. Archives*, 18 novembre 1873, t. XLVIII, p. 231, faisant suite à de précédentes recherches sur l'illumination des corps transparents. *Archives*, 1870, t. XXXVII, p. 129 et t. XXXIX, p. 352. — Je profite de l'occasion pour signaler dans cette Note deux fautes d'impression importantes :

A la page 235, *au lieu de :*

« Si l'on examine avec un polariscope une flamme de gaz ou mieux celle d'une lampe à huile qui file, sans addition de lumière solaire, on reconnaît que la colonne de fumée émet de la lumière polarisée dans un plan *horizontal.* »

Lisez : ..... polarisée dans un plan *vertical.*

A la page 238, *au lieu de :*

« La lumière résidue est neutre et ne présente aucune trace de polarisation; mais dès que l'angle de vision devient plus grand ou plus petit que 50°, la polarisation partielle reparaît immédiatement. »

Lisez : .... devient plus grand ou plus petit que 90°, la polarisation, etc.

réfléchissant sensible. L'un des arguments qu'il a fait valoir à l'appui de cette hypothèse réside dans le fait que l'on n'observe pas de phénomènes de polarisation dans la lumière d'une flamme exposée aux rayons du soleil.

J'ai indiqué les résultats que j'avais obtenus en faisant tomber un faisceau de lumière solaire sur du noir de fumée, soit lorsqu'il est déposé sur un autre corps, soit au moment de sa formation, c'est-à-dire lorsqu'il est à l'état de fumée ou de flamme *fumeuse*. Dans ce dernier cas, la *trace* du faisceau de rayons solaires est parfaitement visible : la partie de la flamme qui reçoit ces rayons paraît d'un blanc bleuâtre, contrastant avec la teinte rougeâtre des parties avoisinantes. Si l'on observe cette trace avec un analyseur, on reconnaît que la lumière diffusée dans une direction à angle droit avec le faisceau incident est complétement polarisée dans le plan de vision, en sorte que la trace blanche cesse d'être visible quand l'analyseur est tourné de manière à intercepter les rayons polarisés dans le plan qui contient l'œil et le faisceau de lumière solaire.

Dans le cas où la flamme n'est pas fumeuse et où une combustion complète en augmente l'éclat, j'avais trouvé comme M. Hirn que les phénomènes de polarisation ne sont pas sensibles; mais j'exprimais quelques doutes sur la nécessité de conclure de là à l'absence du pouvoir réfléchissant des particules à une haute température : l'éblouissement de l'œil et la moindre abondance de ces particules dans une flamme brillante, comparativement à une flamme fumeuse, me paraissaient pouvoir rendre compte des faits.

J'ai, depuis lors, cherché à contrôler cette manière de voir en concentrant beaucoup plus la lumière solaire que

je ne l'avais fait précédemment, de manière à donner plus d'éclat à sa trace.

La lumière solaire est réfléchie sur un miroir argenté, puis elle tombe sur une bonne lentille achromatique de 72 millimètres d'ouverture et de $1^{m},50$ de longueur focale. Enfin, lorsqu'une plus grande concentration est nécessaire, on ajoute une seconde lentille beaucoup plus convergente, près du foyer de la première. On place alors la flamme au point où se trouve l'image du Soleil.

En opérant ainsi avec différentes flammes provenant de la combustion de substances carburées, on peut apercevoir, très-nettement dans la plupart des cas, la trace des rayons solaires, et constater les phénomènes de polarisation ordinaires. Quand la flamme n'est pas trop brillante et ne fatigue pas la vue, l'observation se fait facilement à l'œil nu et à l'aide d'un Nicol; mais si la flamme est éclatante, on a un grand avantage à regarder au travers d'une ou de plusieurs lames de verre bleu (cobalt). La flamme dans les parties qui ne reçoivent pas la lumière solaire paraît alors d'une teinte pourpre, tandis que la trace du faisceau se distingue nettement par sa couleur bleue. Si l'on observe au travers du Nicol dans la position convenable, cette trace bleue disparaît, et toute la flamme paraît pourpre.

J'ai vérifié ces faits dans les cas suivants : flamme d'une bougie; flamme du gaz d'éclairage ordinaire au bec Bengel avec cheminée de verre, ou au bec papillon; flamme du gaz d'éclairage fortement carburé, bec papillon; flamme d'une lampe à pétrole et d'une lampe modérateur à huile.

Enfin, j'ai essayé la flamme très-éclatante que l'on obtient quand on fait brûler du gaz d'éclairage fortement

carburé avec addition d'oxygène. Avec le procédé de concentration de la lumière solaire que j'ai décrit ci-dessus, on observe encore nettement la trace et sa polarisation, tant que l'oxygène n'est pas trop abondant, mais l'éclat étant déjà incomparablement plus vif que celui d'une flamme ordinaire.

En employant des moyens de concentration plus énergiques, c'est-à-dire en faisant réfléchir la lumière solaire sur un grand miroir de sidérostat, puis la faisant passer par un objectif de 8 pouces d'ouverture, et enfin par une lentille à court foyer, j'ai pu observer la trace sur cette flamme de gaz carburé alimentée par une proportion d'oxygène plus forte que dans le cas précédent; mais lorsque l'oxygène devenait trop abondant, la trace n'était plus visible, ce qui, à côté de quelques difficultés d'observation, peut s'expliquer : 1° parce que, la flamme étant devenue tout à fait blanche et même bleuâtre, il n'y a plus de différence de teinte entre les parties qui reçoivent les rayons solaires et celles qui ne les reçoivent pas : la trace ne pourrait se manifester que par une différence d'intensité plus difficile à percevoir; 2° parce que les particules de charbon sont immédiatement consumées au moment de leur formation, et que, par suite, la matière réfléchissante devient relativement beaucoup plus rare.

En résumé, ces expériences montrent que le carbone conserve son pouvoir réfléchissant à des températures très-élevées, qu'il serait toutefois difficile de préciser.

En outre, ces faits me paraissent présenter quelque intérêt, parce qu'ils confirment, au moins pour les flammes ordinaires, la théorie de Davy qui a été fortement contestée récemment ; un faiseau de lumière solaire, en effet, se réfléchit par diffusion et se polarise exactement

de la même manière, soit qu'il tombe sur une flamme très-éclatante, soit qu'il éclaire de la fumée non incandescente dans laquelle la présence de particules de charbon est incontestable.

Sur la cause de l'illumination des corps transparents et de la diffusion.

Dans mes publications précédentes j'ai soutenu l'opinion que l'illumination des corps transparents traversés par un faisceau de rayons doit être attribuée à un défaut d'homogénéité du milieu, défaut qui consiste le plus souvent dans la dissémination de particules étrangères et très-ténues, mais qui peut aussi résulter de différences de réfrangibilité des parties qui composent le milieu, ou bien de petits vides ou fissures s'il s'agit d'un corps solide. En d'autres termes l'illumination n'est pour moi qu'un cas particulier de diffusion de la lumière.

Mon savant ami, M. Lallemand, attribue ce phénomène aux molécules mêmes du corps transparent; il considère l'illumination comme une propagation latérale du mouvement lumineux incident causée par l'éther condensé autour de chaque molécule. Ainsi, pour lui, un faisceau de lumière traversant un corps transparent, non fluorescent, d'une homogénéité absolue, doit, en général, donner lieu à une trace visible latéralement, et le phénomène doit essentiellement dépendre de la nature même du milieu où il se produit.

Cependant, M. Lallemand me semble avoir fait un pas important vers ma manière de voir, dans une récente communication[1] relative à ses expériences sur ce qu'il appelle l'illumination des corps opaques à surface mate,

[1] *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 4 mai 1874, p. 1272.

c'est-à-dire sur la diffusion. Entre autres observations intéressantes, il est arrivé, pour une plaque enfumée, à des résultats identiques à ceux que j'avais fait connaître dans ma Note précédente, à savoir, que la lumière diffusée par le noir de fumée est soumise, quant à sa polarisation, exactement aux mêmes lois que la lumière émise par la trace d'un faisceau de rayons traversant un corps transparent[1].

Or, le noir de fumée recouvrant une plaque de verre, par exemple, n'est qu'une agglomération de très-petites particules juxtaposées. Il semble évident que ces particules devront continuer à diffuser la lumière suivant les mêmes lois, mais avec moins d'intensité, lorsqu'au lieu d'être assez abondantes pour se toucher et s'entasser les unes sur les autres, elles seront plus écartées et ne formeront qu'un léger dépôt sur la plaque de verre qui conservera partiellement sa transparence. C'est, en effet, ce que confirme l'expérience. On ne saurait non plus refuser cette propriété à ces mêmes particules en suspension dans un gaz, c'est-à-dire à l'état de fumée ou de flamme, ou en suspension dans un liquide, par exemple à de l'eau chargée d'un peu d'encre de Chine. — Il faut donc conclure de là qu'étant donné un milieu dénué par lui-même

[1] Il faut seulement remarquer qu'avec une surface enfumée la polarisation n'est pas complète, fait, du reste, qui se présente souvent pour l'illumination des corps transparents. C'est là un point sur lequel j'ai insisté dans ma précédente Note, et sur lequel je reviendrai plus loin.

Je dois rappeler ici que MM. de la Prevostaye et Desains dans leur mémoire sur la Diffusion de la chaleur (*Annales de Chimie*, 1852, t. XXXIV, p. 215 et suivante) avaient publié quelques résultats concordants avec ces lois, mais sans les énoncer d'une manière complète. — Sir D. Brewster dans son mémoire intitulé « On the polarization of light by rough and white surfaces (*Philosophical Magazine*, 1863, t. XXV, p. 344) n'a pas étudié le cas des corps noirs.

de tout pouvoir d'illumination, il suffira d'y répandre des particules très-ténues pour voir se produire le phénomène de la propagation latérale de la lumière polarisée suivant les lois qui viennent d'être mentionnées. — C'est là un point important que j'avais déjà cherché à démontrer dans mes précédentes recherches[1], et dont je donnerai plus loin de nouvelles preuves.

Mais si, comme je le pense, nous sommes d'accord sur ce fait matériel, nous divergeons encore sur son interprétation et sur la cause même du phénomène. M. Lallemand considère que dans la surface enfumée, c'est chaque molécule de carbone, ou plutôt l'atmosphère d'éther condensé autour de chaque molécule, qui détermine la propagation de la lumière dans toutes les directions. — Pour moi, je ne vais pas aussi loin, et je continue à l'attribuer au fait général de la réflexion qui se produit sur la surface de séparation de deux milieux inégalement réfringents: chaque particule de charbon, bien que très-petite, est composée d'un grand nombre de molécules, elle forme un petit corps réfléchissant la lumière; seulement, comme ses dimensions sont très-petites, il n'y a plus annulation par interférence des rayons émis dans des directions différentes de celles qui sont déterminées par les lois ordinaires de la réflexion: il n'y a plus de réflexion spéculaire, mais diffusion dans toutes les directions.

Voyons quelques conséquences de ces deux interprétations. — Supposons un liquide n'ayant pas de pouvoir d'illumination; puis dans ce liquide introduisons des particules très-petites d'un corps solide n'ayant pas non plus de pouvoir d'illumination. Si la théorie de M. Lallemand

[1] Voyez *Archives*, 1870, tome XXXVII, p. 150 et suivantes.

est exacte, le liquide en cessant d'être homogène ne devra pas prendre la propriété de s'illuminer, puisque ni l'un ni l'autre de ses constituants ne la possèdent; d'après ma manière de voir la trace d'un faisceau lumineux devra se marquer dans ce liquide et présenter les phénomènes de polarisation ordinaires (sauf dans le cas tout à fait exceptionnel où le solide et le liquide auraient le même indice de réfraction). — L'expérience n'est guère réalisable d'une manière absolue; cependant on peut s'en approcher. L'eau aussi purifiée que possible et ne contenant plus que très-peu de particules en suspension, a très-peu de pouvoir d'illumination. D'autre part le spath calcaire n'a pas de pouvoir d'illumination sensible, la trace d'un faisceau ne se manifestant à l'intérieur que par la légère fluorescence rouge de ce corps. Or en mettant en suspension dans l'eau du spath finement pulvérisé, puis en filtrant la liqueur pour séparer les particules trop volumineuses, j'ai trouvé que le pouvoir d'illumination était devenu bien supérieur à celui de l'eau seule [1].

D'autre part, si ce sont les molécules mêmes du corps qui produisent la diffusion, il me semble que l'intensité avec laquelle elle se manifeste ne devrait pas dépendre

[1] Je ne puis cependant donner cette expérience comme tout à fait concluante. La trace est incontestablement devenue beaucoup plus visible et la polarisation plus accentuée; mais la polarisation n'est pas complète, et il reste un résidu de lumière neutre analogue à ce que produirait une action de fluorescence. La couleur de ce résidu est verdâtre, tandis que le spath a une fluorescence rouge; du reste la proportion de particules solides est si minime qu'il serait difficile de leur attribuer une fluorescence sensible — En outre, la trace présente des différences de couleur assez prononcées suivant l'angle sous lequel on la regarde, phénomène qui se manifeste dans d'autres cas et sur lequel je me propose de revenir un jour.

de la réfrangibilité du milieu dans lequel on opère. Une surface enfumée, par exemple, qu'elle soit dans l'air ou dans un liquide plus ou moins réfringent, devrait émettre sensiblement la même quantité de lumière. Or ce n'est point ce qui a lieu, et il est facile de constater que dans un liquide le pouvoir diffusant du noir de fumée est moins intense que dans l'air. Il suffit déjà pour s'en apercevoir de verser sur la surface enfumée une goutte d'alcool, de benzine, de sulfure de carbone, en un mot d'un liquide qui mouille le noir de fumée; mais dans ce cas les phénomènes de polarisation sont altérés[1]. Il vaut mieux opérer en plongeant la surface enfumée dans une auge de verre contenant le liquide. Il y a bien encore une petite perturbation provenant de ce que les liquides, tels que l'alcool ou la benzine, dissolvent une substance déposée en même temps que le charbon et deviennent un peu fluorescents; mais cela n'empêche pas d'observer nettement la diminution d'intensité de la lumière diffusée, sans altération des phénomènes de polarisation. — N'est-il pas probable que si l'indice de réfraction du liquide était identiquement le même que celui du noir de fumée, il n'y aurait plus de lumière diffusée ?

Il me semble inutile d'insister plus longuement sur cette différence d'interprétation, à laquelle je n'attache qu'une importance secondaire. La question de savoir si les molécules peuvent être isolément considérées comme des centres effectifs de vibrations, ou si l'action de ces molécules se porte sur l'éther qui les entoure de manière

[1] On est alors à peu près dans les mêmes conditions que si l'on observe du noir de fumée déposé sur la face postérieure d'une lame de verre que traverse le faisceau incident et au travers de laquelle on regarde, cas dont nous aurons à parler plus loin.

à en modifier la densité générale dans l'intérieur d'une particule, est peut-être un peu subtile et prématurée. Pour arriver à sa solution, on devra certainement tenir compte d'une partie très-intéressante des travaux de M. Lallemand : je veux parler des recherches photométriques qu'il a effectuées. Il est arrivé, en effet, à montrer que l'intensité de la lumière diffusée peut se calculer en admettant que la vibration du rayon diffusé est la projection de la vibration incidente et en supposant que le mouvement vibratoire se propage avec la même énergie dans toutes les directions.

Sur la couleur propre des corps.

Nous avons vu que lors de la diffusion par une surface enfumée, à côté de la lumière polarisée, il y a toujours un résidu de lumière neutre. Pour le reconnaître, il suffit de regarder avec l'analyseur, sous un angle de vision de 90°, la surface éclairée par un faisceau de lumière, ou de l'examiner sous un angle quelconque lorsque le faisceau incident est préalablement polarisé.

Dans ma Note précédente j'ai indiqué les raisons qui m'empêchent de croire que ce résidu soit dû à de la fluorescence [1]. Je pense qu'il peut s'expliquer en partie parce que le noir de fumée n'est pas composé de charbon pur, en partie peut-être parce que cette substance ne réalise pas d'une manière absolue les conditions nécessaires pour une polarisation complète, mais surtout parce qu'il doit se produire des réflexions multiples. Il est évident, en toute

[1] Ce cas peut cependant se présenter : M. Ed. Becquerel a en effet observé une phosphorescence dans le noir de fumée déposé par certaines flammes ; mais une surface enfumée à la flamme de benzine n'est pas phosphorescente.

théorie, qu'une certaine partie de la lumière diffusée par une aspérité de la surface doit atteindre les aspérités voisines et y subir une seconde fois la diffusion ; comme le plan de polarisation de la lumière après sa première diffusion est généralement différent de celui de la radiation incidente, les rayons diffusés deux fois seront polarisés dans un plan différent des rayons diffusés une seule fois.

Dans le cas de l'illumination de corps transparents où des particules peu abondantes sont disséminées dans le milieu, on comprend que l'effet de ces réflexions multiples soit insensible ; mais sur une surface enfumée, où toutes les particules se touchent, il n'y a rien d'étonnant à ce que l'effet devienne très-appréciable.

Ici encore j'ai le regret d'être en désaccord avec M. Lallemand qui explique ce résidu par un phénomène de fluorescence isochromatique. Je ne conteste pas que certains corps, comme le sulfure de carbone, puissent posséder cette faculté, c'est-à-dire émettre par fluorescence des rayons de même réfrangibilité que la lumière incidente. Je ne vois aucune objection théorique à admettre l'existence de cette propriété qui serait analogue à celle des membranes vibrant à l'unisson de toutes les ondes sonores qui viennent les frapper. Mais M. Lallemand lui donne une généralité dont la nécessité ne me paraît pas justifiée.

En effet, il lui attribue non-seulement le résidu de lumière neutre que l'on observe dans la diffusion par une surface enfumée ou d'autres corps noirs mats, mais aussi la proportion bien plus considérable de lumière neutre diffusée par les corps blancs ou colorés ; la fluorescence isochromatique est pour lui la cause de la couleur propre des corps.

La théorie de la couleur propre des corps me paraît bien établie, quoique beaucoup de traités de physique présentent de grandes lacunes à cet égard : plusieurs n'en parlent pas, d'autres la donnent d'une manière incomplète ou erronée[1]. Il ne sera peut-être pas inutile de l'exposer brièvement, telle que je la conçois, en tenant compte des lois de la polarisation par diffusion dont l'étude a fait récemment de grands progrès.

Laissons de côté les phénomènes de coloration qui proviennent de la fluorescence ordinaire (avec changement de réfrangibilité), de la coloration par réflexion superficielle (éclat métallique), et des interférences; ces phénomènes, pour la plupart du temps, ne font que se superposer à ceux qui se réalisent d'une manière plus générale.

Un corps noir est un corps complétement opaque. On ne le voit que par réflexion superficielle; si sa surface est polie, cette réflexion est spéculaire; si la surface est mate, on a diffusion suivant les lois que nous avons reconnues en ce qui concerne la polarisation. Entre le poli absolu et le mat complet on peut avoir tous les degrés intermédiaires.

Un corps blanc est un corps transparent pour toute espèce de rayons lumineux. Il est visible d'abord par suite des réflexions superficielles, exactement comme un

[1] Le cours de physique de Verdet à l'École polytechnique expose cette théorie d'une manière très-exacte dans mon opinion, mais assez abrégée. Tome II, p. 268. — M. Dove la donne avec beaucoup plus de détails (Darstellung der Farbenlehre, Berlin, 1853). Je n'ai pas fait sur ce sujet des recherches bibliographiques étendues, mais j'ai gardé le souvenir que cette théorie se retrouve dans un grand nombre de publications.

corps noir; mais de plus il arrive à l'œil des rayons qui ont subi une ou plusieurs réflexions intérieures. — Si le corps est poli et homogène, on a l'apparence bien connue du verre ou des cristaux incolores. — Si le corps est mat et homogène (verre dépoli), on a les phénomènes de diffusion superficielle comme pour les corps noirs, mais avec une double complication : la lumière qui a pénétré dans l'intérieur du corps en ressort soit directement soit après réflexion intérieure en subissant une diffusion par réfraction; en outre la lumière diffusée extérieurement tombe en partie sur les aspérités de la surface et peut les traverser. — Si le corps est poli, mais non homogène (porcelaine), la réflexion superficielle est spéculaire, mais les rayons qui pénètrent dans le corps sont réfléchis ou diffusés à l'intérieur et ressortent en grande partie du corps. — Enfin, si le corps est mat et non homogène, on a la réunion des deux cas précédents.

Il est facile de concevoir que les phénomènes de polarisation sont complétement troublés dès que la diffusion n'est plus seulement superficielle. Une expérience très-simple le fait immédiatement comprendre. Nous avons vu que lorsqu'un faisceau horizontal polarisé dans un plan vertical tombe sur une lame de verre recouverte de noir de fumée, le plan de vision étant horizontal et l'angle de vision de 90°, quelle que soit la position de la surface diffusante par rapport au faisceau incident, on n'a plus qu'un résidu de lumière neutre. Retournons la lame de verre de manière que le faisceau doive traverser le verre pour arriver au noir de fumée, alors le phénomène est complétement changé : l'œil resté dans la même position, au lieu d'un résidu neutre reçoit de la lumière fortement polari-

sée. Il est facile d'en comprendre la raison : en pénétrant dans la lame de verre qui est nécessairement inclinée sur sa direction, le faisceau de lumière se réfracte et se dévie ; le noir de fumée ne reçoit donc plus un faisceau faisant un angle droit avec le rayon visuel, la lumière diffusée dans la direction de ce dernier doit donc être polarisée. A cette première cause de perturbation viennent encore se joindre le changement de plan de polarisation que subit généralement le rayon incident par sa réfraction, et la polarisation par réfraction qu'éprouve la lumière diffusée en traversant le verre pour arriver à l'œil[1]. — Ce fait entraîne comme conséquence que si l'on opère exactement de la même manière en employant seulement un faisceau incident neutre au lieu d'un faisceau polarisé, les rayons diffusés seront beaucoup moins polarisés dans le plan de vision qu'ils ne le sont lorsque la lumière arrive sur le noir de fumée sans avoir à traverser le verre. — Des phénomènes du même genre se reproduisent généralement lorsque la lumière a pénétré dans le corps, et quand celui-ci n'a aucune homogénéité et qu'il n'est pas poli (craie), il faut des appareils très-sensibles pour découvrir une trace de polarisation.

Enfin chez les corps colorés les choses se passent comme chez les corps blancs, à cette différence près que le corps n'étant pas transparent pour toute espèce de rayon,

[1] Lorsque le faisceau incident tombe normalement sur la surface d'une lame de verre légèrement enfumée sur sa surface postérieure, on peut s'assurer qu'il n'y a pas de perturbation dans ses phénomènes de polarisation de la lumière diffusée après son passage au travers du verre. Dans ce cas, en effet, la réfraction ne modifie ni la direction, ni le plan de polarisation du faisceau incident, et d'autre part les rayons diffusés arrivent directement à l'œil.

ce n'est que par réflexion ou diffusion superficielle que de la lumière blanche est renvoyée ; toute la lumière qui pénètre dans l'intérieur du corps pour en ressortir ensuite, est colorée, et la couleur est celle des rayons qu'il laisse passer. Il est donc naturel que la lumière blanche, diffusée superficiellement, soit seule polarisée suivant les lois de la diffusion par un corps noir, tandis que la lumière colorée qui a subi des réflexions intérieures n'est pas polarisée ou ne l'est que partiellement. — De là résulte le fait observé par plusieurs physiciens que si l'on regarde au travers d'un analyseur, sous un angle de vision de 90°, une substance diffusante colorée éclairée par un faisceau de lumière naturelle, la couleur du corps paraît très-pure et très-saturée lorsque l'analyseur est tourné de manière à intercepter les rayons polarisés dans le plan de vision; tandis qu'elle est lavée de blanc quand l'analyseur est dans la position inverse, ou quand on regarde sans analyseur [1]. — On peut aussi faire l'expérience en éclairant la surface mate colorée par un faisceau horizontal préalablement polarisé dans un plan vertical; alors dans un plan de vision horizontal et sous un angle de vision de 90° la couleur paraît plus riche que dans toute autre position [2].

[1] MM. de la Prevostaye et Desains interprètent ce fait en disant, avec quelque réserve il est vrai : « On peut conclure de là que les rayons de diverses nuances ne sont pas diffusés dans les mêmes proportions et suivant les mêmes lois. » — D'autres auteurs se contentent pour rendre compte de la couleur des corps de dire qu'ils diffusent certains rayons plus que d'autres ; c'est là l'expression d'un fait mais non une explication.

[2] Cette expérience devient très-belle lorsqu'on opère de la manière suivante. On fait arriver dans une salle obscure un large faisceau de lumière solaire (ou électrique), que l'on concentre par une lentille à

— M. Lallemand a opéré aussi en projetant sur la surface diffusante colorée un spectre pur et polarisé; suivant la position de l'œil on reconnaît que les différentes couleurs diffusées sont plus ou moins polarisées, et que celles qui le sont le moins correspondent à la couleur propre du corps. Mais M. Lallemand attribue ce fait à la fluorescence, tandis que d'après la théorie qui vient d'être exposée, c'est le résultat de l'absorption et de la dépolarisation par les réflexions intérieures.

A l'appui de cette théorie on doit citer en première ligne le fait que toujours la couleur des corps par diffusion est la même que par transparence. Je rapporterai ici quelques expériences qui le montrent d'une manière frappante :

Un faisceau de lumière solaire horizontal, polarisé dans un plan vertical, tombe sur la surface diffusante colorée. L'observateur la regarde sous un angle de vision de 90°, le plan de vision étant horizontal : la couleur, comme nous l'avons dit, paraît très-riche. Mais comme il est rare que les aspérités de cette surface soient assez petites pour que la diffusion soit parfaite, et que dans certains cas la substance peut être contenue

long foyer; près du point où se forme l'image du Soleil, là où le faisceau est le plus étroit, on place un large polariseur, Nicol ou Foucault. Puis à une distance d'un ou deux mètres on place dans le cône lumineux divergent un bouquet de fleurs foncées et veloutées, telles que des pensées ou certaines variétés de géraniums. L'observateur regarde le bouquet à angle droit avec le faisceau incident, tandis qu'un aide fait tourner le polariseur. La teinte du bouquet paraît alors passer par des alternatives de couleurs saturées ou lavées de blanc qui sont très-frappantes. — L'observateur peut aussi se placer dans une position quelconque s'il regarde au travers d'un analyseur qu'il laisse immobile, tandis qu'on fait tourner le polariseur, ou inversement.

dans un vase de verre qui produit une réflexion spéculaire, il vaut mieux faire passer les rayons diffusés par un Nicol ou un Foucault arrêtant le reste des rayons polarisés. La couleur des corps apparaît alors au maximum de saturation et on peut l'analyser au spectroscope.

Il convient de choisir, pour opérer la diffusion, une substance dont le spectre d'absorption soit discontinu et caractérisé par des bandes.

Prenons par exemple du smalt : bien qu'avec ce corps en poudre, la couleur bleue soit très-lavée de blanc, parce que l'épaisseur que la lumière doit traverser dans l'intérieur des particules est trop petite pour donner lieu à une forte absorption, il est facile de distinguer dans le spectre de diffusion les caractères atténués du spectre d'absorption du cobalt.

Prenons maintenant du sang dont le spectre est si caractéristique, et plaçons-le dans un tube d'essai en verre, ou, mieux encore, mouillons l'extérieur de ce tube d'essai avec le sang. Grâce au prisme du Nicol placé devant le spectroscope, la lumière réfléchie spéculairement par le verre, et la surface du liquide, se trouve interceptée et il ne passe guère que la lumière diffusée par les globules du sang. Au spectroscope on voit avec la plus grande netteté les deux bandes noires caractéristiques du spectre du sang oxygéné. — L'expérience peut se faire aussi avec du papier à filtrer mouillé de sang; mais elle est moins concluante parce que les fibres blanches du papier contribuent pour une forte part à la diffusion.

Enfin, en quittant ce sujet, remarquons que l'on peut faire à l'explication de la couleur des corps par la fluorescence, des objections auxquelles il semble difficile de ré-

pondre. — Une plaque de verre obsidienne dépolie donne lieu par diffusion à un résidu de lumière non polarisé. S'il est dû à de la fluorescence, pourquoi ne le voit-on pas quand l'obsidienne est polie, de la même manière qu'avec une lame de verre d'urane polie on distingue parfaitement la lumière émise par fluorescence ? — De même, comment expliquer qu'un corps transparent, du quartz par exemple qui ne manifeste aucune fluorescence dans son intérieur ou à sa surface polie, puisse prendre une fluorescence isochromatique quand il est réduit en poudre ou simplement quand on dépolit sa surface ?

Étude de quelques substances cristallisées.

Je reviens maintenant à la question de savoir si un milieu, non fluorescent et parfaitement homogène, peut s'illuminer par le passage d'un faisceau de rayons. Ce point me paraît important, parce que la propagation latérale de la lumière, dans ce cas, est contraire à ce que l'on a admis en général dans la théorie des ondulations.

La cristallisation est un puissant moyen de purification des corps et les beaux cristaux présentent une grande homogénéité ; cependant il n'y a rien là d'absolu, et il est bien connu que, sauf dans des cas assez rares, le passage d'un faisceau de lumière solaire révèle des défauts, des glaces ou la présence de corpuscules étrangers à l'intérieur de cristaux qui paraissent parfaitement limpides à la lumière diffuse.

Voici les résultats que j'ai obtenus en étudiant l'illumination chez quelques substances cristallisées.

Quartz. — J'ai examiné un grand nombre d'échantil-

lons de quartz [1]. Ils présentent les propriétés les plus diverses au point de vue de l'illumination ; j'en citerai quelques exemples.

1° Le plus souvent les beaux échantillons de quartz hyalin, assez purs pour être employés à la construction de prismes ou d'autres appareils d'optique, ne sont point absolument homogènes, et lorsqu'on les fait traverser par un pinceau de lumière solaire on voit se produire des phénomènes d'illumination : la trace du faisceau est visible, seulement elle est en général inégale et plus marquée en certaines places que dans d'autres. En examinant cette trace, à la loupe ou au microscope, on peut distinguer trois cas :

a) Très-souvent cette trace est due à des petits défauts de cristallisation, à des petites glaces qui se manifestent sous l'apparence de traits lumineux suivant une ou deux directions déterminées [2]. — Sous un angle de vision de 90°, la polarisation de la lumière ainsi diffusée est complète, à la condition que les défauts de cristallisation soient *très-petits;* dès que les glaces sont un peu grandes et facilement visibles à l'œil nu, la polarisation n'est plus que partielle. — Si l'on réunit l'emploi de la loupe et de l'analyseur, on reconnaît que ces petits défauts d'homogénéité, bien apparents quand l'analyseur est dans la position où il laisse passer la lumière polarisée dans le plan de vision, *cessent complétement d'être visibles* lorsque l'analyseur est tourné dans la position d'extinction.

[1] Une partie de ces échantillons appartiennent au Musée de Genève ; mais les plus remarquables proviennent d'une collection d'objets de quartz acquise à l'exposition de Vienne par M. Rymtowt-Prince, qui a bien voulu me permettre de les étudier.

[2] J'avais déjà cité un cas de ce genre dans une publication précédente. *Archives*, 1870, t. XXXVII, p. 155.

b) Quelquefois la trace est due à de petites bulles ou cavités que la loupe ou le microscope fait découvrir. La lumière est encore complétement polarisée; les bulles deviennent invisibles si on les regarde à l'angle droit du faisceau avec l'analyseur convenablement orienté.

c) Dans quelques échantillons ou dans quelques parties d'un échantillon, je n'ai pas réussi à résoudre la trace au grossissement faible du microscope. Mais je ne doute pas que, dans ce cas encore, elle ne doive son origine à d'imperceptibles défauts ou à des particules étrangères: on ne peut en effet assigner aucune limite à leur petitesse.

2° Quelques échantillons de quartz hyalin, très-purs et beaucoup plus rares, sont pour ainsi dire dépourvus de pouvoir d'illumination.

a) Je possède une cachet de quartz de Sibérie qui est taillé de manière à permettre très-bien les observations ; sa forme générale est celle d'un prisme à six pans avec des bases perpendiculaires aux arêtes. — Lorsqu'on le place dans la chambre obscure et qu'on le fait traverser par un pinceau de lumière solaire directe, on ne reconnaît aucune trace visible. En concentrant la lumière par les procédés décrits plus haut pour l'étude du pouvoir réfléchissant des flammes, et en prenant les plus grandes précautions pour éviter tout faux jour, on arrive à peine à distinguer une légère trace.

b) Un autre cachet de quartz des Alpes, dont la forme est un peu moins propre aux observations, s'illumine incontestablement dans certaines parties ; mais dans d'autres parties il m'a été impossible de voir la trace.

3° Un très-beau cachet en quartz jaune de Sibérie *(fausse topaze)*, paraissant tout à fait limpide à la lumière

diffuse, s'illumine vivement par un faisceau de lumière solaire; la trace est bleuâtre et, au premier abord, on pourrait la croire due à de la fluorescence. Mais en l'observant avec quelque soin, on reconnaît que la lumière émise est complétement polarisée, et de plus qu'elle n'est pas égale dans tout le cristal. L'examen au microscope révèle bien de petites glaces dans certaines parties de la trace, mais dans son ensemble je ne suis pas arrivé à la résoudre [1].

J'ai retrouvé dans un autre cachet de fausse topaze du Brésil les mêmes propriétés qui sont probablement caractéristiques de cette variété de quartz.

4° Avec le quartz *enfumé*, lorsqu'il n'est pas trop foncé, on observe en général la trace, mais à des degrés très-divers. Quand elle est faible, la polarisation est complète.

Dans un très-bel échantillon brun de Sibérie, les défauts d'homogénéité se manifestent par transparence à la lumière diffuse sous la forme de strates nuageux indiquant une inégale répartition de la matière colorante. A la lumière solaire la trace est très-marquée, très-incomplétement polarisée, et l'on distingue à la loupe une multitude de défauts et de particules. Cette polarisation incomplète est le caractère que l'on reconnaît toujours lorsqu'on opère sur un liquide tenant en suspension des particules trop nombreuses ou trop volumineuses.

[1] Il est vrai de dire que l'observation microscopique est un peu difficile : le pinceau lumineux et, par conséquent, la trace a toujours une section trop grande pour que toute l'épaisseur puisse être mise au point ; la lumière diffuse, dont tout le champ du microscope se trouve lavé, s'oppose à la visibilité de très-petites particules ou défauts.

5° Un petit échantillon d'améthyste taillé en prisme à trois pans avec des facettes perpendiculaires aux arêtes, ne m'a donné aucune trace visible dans la plus grande partie du cristal; mais dans quelques points on observe de petites glaces.

L'étude de ces phénomènes dans le quartz est souvent compliquée par les propriétés de polarisation chromatique de cette substance. Ainsi, en faisant passer le pinceau de lumière à une petite distance d'une face parallèle à l'axe, on peut, en observant la trace avec un analyseur, voir, suivant l'orientation, des phénomènes de coloration ou de dépolarisation.

La polarisation rotatoire joue aussi un rôle important quand le faisceau est dirigé suivant l'axe du cristal. — En voici un exemple remarquable.

Le second cachet de fausse topaze dont j'ai parlé plus haut est taillé de telle façon que son axe coïncide avec celui du cristal; il présente à ses deux extrémités des faces perpendiculaires à cet axe. Lorsqu'un faisceau de lumière polarisée entre par l'une de ces deux faces pour ressortir par l'autre, comme la substance a un grand pouvoir d'illumination, on voit se reproduire en petit la belle expérience que M. Lallemand avait réalisée en employant des liquides doués du pouvoir rotatoire. Le phénomène se manifeste par des franges colorées que l'on voit se déplacer dans l'intérieur du cristal lorsqu'on fait tourner le Nicol qui polarise la lumière incidente. Les premières franges du côté de l'entrée du faisceau sont très-vives et très-nettes; elles se brouillent et s'effacent vers l'autre extrémité.

Spath calcaire. — J'ai trouvé, comme M. Lallemand, que de beaux échantillons de spath d'Islande ne présentent pas de pouvoir d'illumination proprement dit. La trace d'un pinceau de lumière solaire se manifeste seulement par la légère fluorescence rouge de cette substance, et l'on n'observe pas de polarisation.

Mais si l'on opère sur certains cristaux qui présentent de très-petits défauts, on peut aussi obtenir une trace blanche. La double réfraction du spath complique l'observation des phénomènes de polarisation ; cependant, avec quelque attention, il m'a paru que les faits sont, dans ce cas, conformes à ce que l'on pouvait prévoir.

Sel gemme. — Le seul bon échantillon de sel gemme que j'ai eu à ma disposition est un très-beau prisme appartenant au cabinet de physique de l'Université de Genève. Un faisceau de lumière y produit une trace très-légère, résoluble à la loupe en petites bulles ou cavités. La polarisation est complète, et les défauts sont visibles ou disparaissent complétement suivant l'orientation de l'analyseur. C'est le même fait que j'ai déjà signalé pour le quartz.

Dans les autres échantillons moins purs que j'ai examinés, la trace est visible, mais inégale, et la polarisation est normale.

Diamant. — J'ai eu pendant quelques jours entre les mains de gros diamants faisant partie de la collection du duc de Brunswick, qui m'avaient été obligeamment prêtés par la municipalité de Genève. Malheureusement la saison était très-défavorable, et je n'ai pu profiter pour les obser-

vations que de peu de moments pendant lesquels le soleil brillait. En outre, la taille des diamants en brillants rend l'observation très-difficile : elle donne lieu à beaucoup de faux jour, et à cause de la réflexion sur les facettes, on peut facilement confondre la trace lumineuse avec une de ses images.

1° Un diamant blanc de 39 carats donne lieu à une trace bien visible et presque blanche. La plus grande partie de la lumière qu'elle émet est due à la fluorescence; mais je crois être certain qu'une autre partie est due à de l'illumination proprement dite; en effet la trace est partiellement polarisée.

2° Des diamants jaunes de 29, 31, 42 et 80 $^1/_2$ carats donnent lieu à une trace très-visible et bleuâtre, due principalement à la fluorescence, mais présentant aussi une polarisation partielle [1].

Je n'hésite pas à attribuer ces phénomènes de polarisation à des particules étrangères : on sait, en effet, d'après MM. Dumas et Stas [2], que les diamants laissent un résidu spongieux après leur combustion, et que sir D.

[1] Pour l'observation des phénomènes de polarisation, j'ai opéré de la manière suivante. Un faisceau de lumière solaire, concentré par une lentille de quartz à long foyer, pénétrait dans la chambre obscure; il se polarisait en traversant un Nicol, puis tombait sur un écran percé d'une petite ouverture. On obtenait ainsi un pinceau mince de lumière polarisée que l'on faisait entrer dans le diamant par la large face antérieure de la taille en brillant, et ressortir par la petite facette parallèle qui termine en général la *queue* du brillant. Puis on regardait la trace avec un Nicol au travers de l'une des faces inclinées formant la pyramide postérieure. Dans ces conditions, en faisant tourner le Nicol, on observe des différences d'intensité si la trace est partiellement polarisée.

[2] *Annales de Chimie*, 1844, tome I, p. 15.

Brewster [1] a reconnu au microscope des cavités de formes diverses dans leur intérieur.

Glace. — La glace, quand elle est bien claire et compacte, présente très-peu de pouvoir d'illumination. Lorsqu'on la fait nager dans l'eau dans un grand vase de verre que traverse le faisceau de rayons, la trace est très-prononcée dans l'eau, mais à peu près invisible dans la glace. En opérant avec plus de soin, par exemple en taillant un morceau de glace d'une forme convenable, je suis arrivé sans difficulté à y distinguer la trace: en la regardant à la loupe, on voit qu'elle se résout en petites particules; elle est *beaucoup moins visible* que celle de l'eau la plus pure que j'aie réussi à obtenir par distillation [2]; la polarisation en est complète [3].

Alun. — Un cristal d'alun, dans lequel j'ai fait tailler des faces à angle droit, donne une trace dans les parties où il présente des glaces; mais dans d'autres parties il ne paraît avoir aucun pouvoir d'illumination.

Gypse. — Je cite pour mémoire un échantillon de gypse de la collection de M. Alph. Favre. Je l'ai examiné, il y a longtemps déjà, à la lumière oxyhydrique seulement, et je n'y ai reconnu aucune trace.

[1] *Transactions of the royal Society of Edimburg*, vol. XXIII, p. 1.

[2] Voyez pour la purification de l'eau par distillation, *Archives*, 1870, tome XXXVII, p. 146.

[3] Je parle ici de glace qui s'est naturellement formée dans des étangs; il y a de grandes différences suivant les échantillons. Je rappelle ici que M. Tyndall a indiqué l'eau provenant de la fusion de la glace comme la plus exempte de particules et de pouvoir d'illumination qu'il ait pu obtenir.

L'ensemble de ces observations me paraît bien établir :

1° Que dans les cristaux non fluorescents, la matière cristallisable par elle-même est dépourvue de pouvoir d'illumination.

2° Que les cristaux qui possèdent la faculté de s'illuminer, en renvoyant latéralement de la lumière polarisée, doivent cette propriété, soit à la présence de particules étrangères, soit à des défauts de cristallisation.

REVUE GÉOLOGIQUE SUISSE
POUR L'ANNÉE 1873

PAR
M. ERNEST FAVRE

(Pl. III.)

Je suivrai dans cette revue le plan adopté dans celle de l'année dernière. Elle sera divisée en trois parties : la première comprendra les travaux plus ou moins généraux de géologie descriptive ; la seconde, l'étude des formations pour laquelle je conserverai, autant que possible, l'ordre chronologique ; dans la troisième partie, je traiterai des recherches relatives aux roches, à la géologie appliquée, etc. Comme par le passé, je m'occuperai aussi des publications relatives aux régions voisines de la Suisse, dont l'étude a une grande importance pour la géologie de notre pays. C'est particulièrement dans les Alpes, à la connaissance desquelles les travaux des savants autrichiens, français et italiens font faire de rapides progrès, que nous pouvons espérer de trouver, dans les pays qui nous entourent, la solution de nombreux problèmes qui intéressent directement le nôtre.

Plusieurs biographies de géologues ont paru cette année. Nous devons à M. M. DE TRIBOLET[1] celle de son frère Georges de Tribolet (1830-1873), auteur de plusieurs travaux importants sur le Jura ; il s'était spécialement occupé des terrains crétacés et des environs de Sainte-Croix.

[1] Bulletin de la Société des Sciences natur. Neuchâtel, 1873.

M. Lang[1] a retracé la vie de Gressly (1814-1865), dont le nom restera attaché à l'histoire de la géologie jurassienne. C'est dans ses « Observations géologiques sur le Jura soleurois » qu'il exposa, un des premiers, la théorie des *facies* des terrains, qui a acquis depuis lors une si grande importance dans les recherches stratigraphiques. M. Heer[2] a publié une biographie d'A. Escher de la Linth (1807-1872). Il raconte l'enfance, les études, les voyages d'Escher, ses recherches géologiques, sa vie de famille, ses qualités comme professeur et comme citoyen, la part qu'il a prise à la direction et à l'accroissement des collections de l'École polytechnique. Malgré ses nombreux voyages et l'activité de ses recherches, Escher a laissé peu de publications ; il n'en occupera pas moins une grande place dans l'histoire de la science. M. Rutimeyer[3] a consacré quelques pages au souvenir d'Agassiz (1807-1873), dont les recherches sur les poissons fossiles, sur les oursins, sur les glaciers, ont donné un élan considérable à l'étude de plusieurs branches de l'histoire naturelle dans notre pays.

I. Ouvrages généraux et descriptions géologiques.

M. Renevier[4] a commencé la publication de tableaux des terrains sédimentaires ; il y donne une subdivision en périodes, époques et étages ; il signale les fossiles caractéristiques de chacun d'eux et indique leur distribution et leurs principaux gisements, en Angleterre, en France, en

[1] Amanz Gressly, Lebensbild eines Naturforschers, 1873.

[2] Arnold Escher von der Linth. Lebensbild eines Naturforschers, 1873.

[3] Basler Nachrichten, décembre 1873 et janvier 1874.

[4] Bulletin de la Société vaud., 1873, XII.

Italie et en Suisse; il distingue, dans cette dernière région, le Jura, la zone subalpine, les Alpes occidentales et les Alpes orientales. Les trois premiers tableaux sont relatifs aux périodes moderne ou anthropique, néogène ou mollassique et éocène ou nummulitique.

M. RUTIMEYER [1] a publié une monographie des tortues fossiles. Après une étude anatomique de la carapace de ces animaux, il donne une description complète des tortues du terrain jurassique supérieur de Soleure et d'autres régions; puis il passe en revue les tortues du Weald et du Purbeck et celles des terrains crétacés et tertiaires. L'histoire des chéloniens fossiles présente encore de grandes lacunes; l'auteur ne doute pas que ce type n'ait été bien représenté depuis la période carbonifère, quoiqu'on n'en ait pas encore trouvé de restes antérieurs à ceux de l'époque jurassique supérieure. La généralité des tortues fossiles n'habitait pas la haute mer, mais les rivages et les grands fleuves. Les tortues terrestres apparaissent en même temps et avec une taille gigantesque, à l'époque miocène, en Europe, en Asie et en Amérique. Les tortues de l'époque secondaire appartiennent en presque totalité, celles de l'époque tertiaire en grande partie, aux tortues d'eau douce. La paléontologie ne peut pas constater un progrès général et successif dans le développement de cet ordre d'animaux.

Les longues et belles recherches de M. Rutimeyer sur la structure de la carapace et du crâne des tortues vivantes et fossiles sont résumées par lui dans un travail spécial [2].

[1] Die fossilen Schildkrœten von Solothurn und der übrigen Juraformation. Denkschr. d. Schweiz. naturf. Ges., 1873, XXV.

[2] Verhandl. d. naturf. Ges. Basel, 1873, VI.

Alpes occidentales. La société géologique de France[1] a étudié, dans sa réunion extraordinaire à Digne, la série des formations des Basses-Alpes, du trias au terrain tertiaire. M. Garnier a décrit successivement et en grands détails le trias, l'étage rhétien, les divers étages du lias; il constate qu'il est impossible de trouver dans cette région une ligne de démarcation entre le lias et l'oolite inférieure; il énumère ensuite les subdivisions du terrain jurassique inférieur et fixe la position exacte des *Ammonites viator* et *tripartitus* qu'il regarde comme bathoniennes. Il décrit aussi les principales failles des environs de Digne et de Castellane. La société a examiné la série des terrains jurassiques supérieurs, des terrains crétacés et les couches de passage entre ces deux formations. M. Vélain signale la présence de la *Terebratula janitor* dans les couches à *Scaphites Yvanii.* M. Bleicher et M. de Rouville s'occupent de la place des calcaires à *Terebratula Moravica* dans le département de l'Hérault; les courses de la société fournissent de nouveaux documents sur cette question si controversée. Enfin M. Garnier indique les résultats de ses recherches sur les terrains tertiaires de cette région.

Les observations de M. Lory[2] sur la stratigraphie des Alpes Graies et Cottiennes sont contraires aux conclusions de M. Gastaldi qui rapporte à l'époque éozoïque les schistes lustrés, les gypses, les dolomies, les quartzites de cette partie des Alpes et les calcaires du Briançonnais. M. Lory regarde les grès anthracifères comme appartenant au terrain houiller proprement dit; sur cette formation se trouvent les calcaires magnésiens et les quartzites,

[1] Bull. Société géol. de France, 1872, XXIX, 597.
[2] Bull. Société géol. de France, 1873, I, 266.

les schistes lustrés et le gypse qui appartiennent au trias, et les calcaires du Briançonnais qui sont le prolongement du lias des Encombres.

L'auteur donne une description détaillée et accompagnée d'une coupe, du tunnel du Mont-Fréjus; il indique une faille considérable entre les gypses et les schistes lustrés traversés par le tunnel [1]. Les couches qui constituent le Mont-Fréjus ne forment pas une série continue, mais deux massifs distincts, refoulés l'un contre l'autre. Les preuves de cette faille se trouvent sur le prolongement des couches. On ne peut donc tirer aucune conclusion de la coupe même du tunnel sur l'âge relatif du grès à anthracite et des schistes lustrés, roches qui sont presque toujours séparées l'une de l'autre par des failles; mais d'autres coupes montrent nettement que ce dernier terrain appartient au trias.

Dans un mémoire sur la Maurienne et le percement du tunnel des Alpes, M. Rolland-Banès [2] s'occupe successivement de l'étude géologique du flanc nord de la Maurienne entre Saint-Jean et Modane, de la structure du Mont-Fréjus, et des terrains compris entre Bardonnèche et Briançon en passant par le Mont-Genèvre. Des dessins et des coupes accompagnent ce travail dans lequel l'auteur se rattache constamment à la classification des terrains donnée par MM. Lory et A. Favre.

M. Baretti [3] a publié un récit de voyage dans les Alpes du Dauphiné. Après un coup d'œil d'ensemble sur

[1] Voyez Revue pour 1872, pl. III, fig. 2.

[2] Notice sur les grandes formations géologiques des Alpes de la Maurienne...... (Extrait du Recueil de public. de la Soc. natur. havr. d'Et. div.)

[3] Otto giorni nel Delfinato. Bollet. del Club Alp. Ital., VI, 1873.

ces montagnes, il décrit le trajet d'Oulx à l'Ailefroide, la Pointe des Écrins et la course de l'Ailefroide à Bardonnèche. Ce volume contient beaucoup de renseignements sur l'orographie de cette région et sur ses glaciers. La roche centrale, qui forme les cimes les plus élevées, est une protogine qui a plus d'analogie avec les masses granitiques de Belmonte et de Baveno dans le Piémont qu'avec les masses centrales du Grand-Paradis et du Val de Suse. On trouve successivement sur le granit, le gneiss et le micaschiste, des quartzites et des poudingues avec de l'anthracite, des schistes noirs, des schistes argileux et de la grauwacke. M. Baretti remarque l'analogie de ces roches, que M. Lory classe dans le terrain carbonifère, avec le terrain silurien de la Sardaigne; il est également disposé à regarder comme antérieurs au terrain triasique, des quartzites blancs rangés par M. Lory dans ce terrain. De même que M. Gastaldi, il attribue à une époque beaucoup plus ancienne que le trias et le lias, la cargneule et le gypse, les schistes lustrés et les calcaires du Briançonnais si puissants dans cette région.

M. V. Payot[1] a publié une géologie des environs du Mont-Blanc. Cet ouvrage contient une description des terrains et des minéraux de la région comprise entre le bassin du Giffre au N.-O., de la Dranse au N.-E., de la Doire au S.-E., du Bonnant au S.-O. La première partie comprend la description des terrains déjà reconnus et signalés dans cette région, du terrain quaternaire au granit; la seconde partie est une statistique des minéraux des environs du Mont-Blanc, de la vallée d'Aoste et du Mont-Rose. La plupart de ces minéraux ont déjà été signalés

[1] Géologie et minéralogie des environs du Mont-Blanc. Bulletin de l'Inst. nat. genevois, 1873, XVIII, 81; et à part.

par de Saussure et les nombreux naturalistes qui lui ont succédé dans l'étude de cette région.

M. GILLIÉRON[1] a donné une description générale des Alpes de Fribourg et la monographie détaillée du petit massif du Monsalvens. Ce travail a été publié par la commission géologique suisse. La première partie comprend une étude topographique et la description des chaînes de la Berra, du Ganterist, du Stockhorn et du Simmenthal. Dans la seconde partie se trouvent l'examen des diverses formations à partir du terrain jurassique inférieur, de nombreuses observations sur la structure du massif du Monsalvens, une description paléontologique des fossiles qui y ont été recueillis, enfin un chapitre consacré à la géologie pratique. La chaîne de la Berra est formée en grande partie du flysch au milieu duquel affleurent des couches crétacées; les chaînes du Ganterist, du Stockhorn, et du Simmenthal ou des Gastlosen sont constituées par les terrains triasique, rhétien, jurassique, crétacé et éocène. Je signalerai successivement les résultats obtenus par M. Gilliéron dans l'étude de ces divers terrains. Je rappellerai seulement ici la remarque faite déjà antérieurement par le même auteur que la nature des terrains et de leurs faunes se modifie quand on avance vers l'intérieur de la chaîne des Alpes, tandis qu'elle reste la même parallèlement à cette chaîne.

J'ai donné[2] une coupe des Alpes vaudoises qui s'étend de la montagne des Pléiades, près de Vevey, au col du Pillon en passant par la Dent de Jaman, les Tours d'Aï, et le pic de Chaussy. Ces montagnes, formées des ter-

[1] Alpes de Fribourg en général et Monsalvens en particulier. Matériaux pour la carte géologique de la Suisse, 12me livr., 1873.

[2] Actes de la Soc. helvét. Schaffhouse, 1873, p. 85.

rains secondaires, du trias à la craie, et du flysch, présentent divers systèmes de voûtes et de failles qui se retrouvent soit plus au nord, dans la chaîne du Stockhorn, soit plus au sud dans les montagnes de la Savoie dont elles sont la continuation.

M. de Fellenberg [1] a raconté ses courses géologiques dans les hautes montagnes qui bordent la vallée de Gasteren et le Lœtschthal et qui sont formées de roches granitiques et sédimentaires (trias, jura). Ses descriptions données sous la forme d'un journal de voyage se prêtent difficilement à l'analyse.

Nous devons à M. de Fritsch [2] une description géologique du massif du Saint-Gothard. Ce travail, publié par la commission géologique suisse, se compose d'un volume de texte, de nombreuses coupes et d'une carte à $\frac{1}{50000}$. Il comprend l'étude du Saint-Gothard et d'une partie des massifs du Finsteraarhorn et des Alpes tessinoises.

La masse centrale du Saint-Gothard est divisée en trois zones parallèles, dirigées E.-O. et de largeurs variables; la zone septentrionale est formée de gneiss micacés et de micaschistes avec des nids de pegmatite. Dans la zone moyenne prédominent les roches feldspathiques et l'on y trouve des massifs de roches compactes; le granit, qui forme les sommités les plus élevées, envoie des filons dans le gneiss ou entoure des fragments anguleux de cette roche; des bandes micacées plus ou moins étroites sont intercalées dans cette zone. La zone méridionale est constituée par des roches peu feldspathiques et pré-

[1] Jahrb. des Schweiz Alpenclub, 1873, VIII, 183. (Extr. Mittheil. Bern. 1873, 28.)

[2] Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, XV. Das Gotthardgebiet, 1873.

sente trois subdivisions caractérisées par leur richesse en amphibole, en mica et en grenats.

La région du massif du Finsteraarhorn voisine du Saint-Gothard est formée d'un granit gneissique (granit du Grimsel), de gneiss et de schistes cristallins plus ou moins micacés et amphiboliques; ces roches n'ont aucune relation directe avec celles du Saint-Gothard et sont probablement d'époque différente.

Il en est de même de la masse centrale des Alpes tessinoises; la composition minéralogique et chimique et la disposition de ses gneiss, beaucoup plus inclinés que ceux du Saint-Gothard, semblent devoir la faire rapporter à une époque plus récente.

Des schistes cristallins, micacés, talqueux et riches en séricite, séparent le massif du St-Gothard de celui du Finsteraarhorn [1] et ont été désignés par l'auteur sous le nom de schistes de Casanna. Ils paraissent former un pli resserré entre les deux massifs. Ils sont recouverts d'une zone de roches calcaires et dolomitiques (dolomie, cargneule, gypse, schistes calcaires, calcaires cristallins, calcaires avec bélemnites et pentacrinites), qui s'étend d'Obergestlen à Andermatt par la vallée d'Urseren ; ces dernières roches sont probablement liasiques; elles sont intercalées entre les deux massifs ; mais on ne voit nulle part de trace de pli ou de courbe et il est probable qu'elles ont été redressées contre le massif du Finsteraarhorn par un mouvement de celui du Saint-Gothard.

L'auteur étudie aussi les micaschistes calcaires du versant sud du Saint-Gothard et les roches qui leur sont associées [2], la dolomie et la cargneule, l'anhydrite et le

[1] Voyez, Pl. III, fig. 3.

[2] Voyez Pl. III, fig. 1, 2 et 4.

gypse (Val Canaria, etc.), les schistes contenant des cristaux de disthène et de staurolithe et des grenats, les schistes noirs grenatifères des Nufenen et du Lukmanier et les schistes liasiques de ces deux localités. L'étude de ces terrains et de leur âge relatif présente de grandes difficultés. Il rapporte ces dernières roches à un groupe supérieur, les micaschistes calcaires à un groupe moyen, et les autres roches à un groupe inférieur.

Ce travail comprend une région beaucoup plus étendue que celle qui a été décrite par M. Giordano, et M. de Fritsch a cherché, plus que ce dernier auteur, à donner une explication de la structure si compliquée de ce massif. On peut constater entre eux certaines divergences dans la classification des gneiss et des granits; cependant les coupes qu'ils ont données de la région qui doit être traversée par le tunnel présentent entre elles une grande analogie. Ils sont toutefois en désaccord complet sur le mode d'origine des roches cristallines qui constituent ce grand massif, M. Giordano les regardant comme des roches paléozoïques métamorphiques au milieu desquelles auraient pénétré des granits, tandis que M. de Fritsch repousse d'une manière absolue toute idée de métamorphisme.

Le rapport du Conseil fédéral [1] sur la marche des travaux du Saint-Gothard contient les coupes de cette montagne, publiées par M. Giordano et par M. de Fritsch.

M. B. STUDER [2] a publié une note sur le percement du tunnel du Saint-Gothard dans laquelle il décrit briève-

[1] Rapports trimestriels du Conseil fédéral suisse aux gouvernements, etc., 1873, nos 3 et 4.

[2] Jahrb. des Schweiz. Alpenclub, 1873.

ment la structure de ce massif et résume les travaux dont il a été l'objet.

M. H. Wolff[1] a donné un catalogue des roches recueillies dans la partie méridionale du tunnel jusqu'à 457^{m} de profondeur et il a reproduit les coupes du massif données par MM. de Sismonda (1865), Giordano (1871), et de Fritsch (1873).

M. Rutimeyer[2] a exposé brièvement la structure orographique et géologique des Alpes du Tessin dans une notice destinée à servir d'itinéraire aux membres du Club alpin suisse.

M. Baltzer[3] a publié une description du massif du Glærnisch, ce grand massif qui a été pendant tant d'années, avec le Sentis, le but des courses et des recherches d'Escher. L'importance de cette montagne pour la géologie de la Suisse orientale, la nature complexe de ses formations et de ses contournements donnent à cet ouvrage une haute valeur. M. Baltzer étudie aussi les rapports stratigraphiques du Glærnisch avec les régions environnantes; et il termine par un résumé de l'histoire géologique de cette montagne. Le Glærnisch est constitué par un grand pli de couches, compliqué de contournements et de fractures qui font apparaître par places, plusieurs fois l'une au-dessus de l'autre, la même série de formations. Il est composé uniquement de dépôts sédimentaires dont j'indiquerai la nature dans le cours de ce travail; il renferme les représentants de presque tous les terrains alpins de la Suisse orientale, du terrain permien (?) au terrain éocène.

[1] Verhandl. g. Reichsanst., 1874, 140.

[2] Les Alpes du Tessin.

[3] Der Glärnisch. Ein Problem alpinen Gebirgsbaues, 1873.

Alpes orientales. L'Institut géologique de Vienne vient de terminer la publication de la carte générale de l'empire d'Autriche. M. DE HAUER[1] a joint à ce grand travail un tableau synchronique des dépôts sédimentaires des diverses parties de la monarchie. La variété des régions géologiques qui y sont représentées donne à ce tableau un grand intérêt.

M. E. DE MOJSISOVICS[2] a continué ses recherches sur la géologie des Alpes rhétiennes et du Vorarlberg; l'auteur donne de nombreux détails sur la disposition relative et la nature des roches anciennes, la grauwacke, le verrucano, le calcaire de Röthi, et sur les terrains secondaires. La ligne du Rhin sépare les Alpes en deux régions très distinctes au point de vue géologique et la division de cette chaîne en Alpes orientales et Alpes occidentales est beaucoup plus naturelle que celle qui était adoptée jusqu'ici, d'Alpes orientales, centrales et occidentales. Cette distinction s'est faite à l'époque du trias pendant laquelle les Alpes suisses étaient presque entièrement émergées, tandis que des dépôts considérables se formaient à l'est du Rhin. Cette limite ne se maintient pas d'une manière absolue pendant le reste de l'époque secondaire; en effet, les terrains jurassiques qui se trouvent dans le massif triasique du Vorarlberg appartiennent au facies autrichien et sont entourés de terrains jurassiques et crétacés du type suisse. Ce travail contient aussi une étude sommaire de ces diverses formations, ainsi qu'une description de la structure des Alpes rhéti-

[1] Geologische Uebersichtskarte der œsterreichischen Monarchie. Feuilles XI et XII, 1873. (Voyez Archives, 1874, XXXIX, p. 244.)

[2] Jahrb. der k. k. geol. Reichsanst., 1873, XXIII, 137.—Ueber die Grenze zwischen Ost- und West-Alpen.

ques. Il est accompagné d'une carte géologique et de nombreuses coupes.

M. GUMBEL [1] a publié un travail sur les montagnes du Mendel et du Schlern dans le Tyrol méridional. Ses recherches ont porté principalement sur les terrains permien et triasique.

Plaine suisse. M. BACHMANN [2] a fait une étude géologique détaillée des environs de Berne ; il décrit successivement les deux rives de l'Aar et le sol même de la ville. Les formations géologiques qui constituent cette partie de la plaine suisse sont la mollasse et le terrain quaternaire, formé d'éléments très divers, glaciaires et postglaciaires.

Jura. La Commission géologique suisse a publié la feuille II (Belfort-Bâle) de la carte fédérale dont une partie seulement, comprise sur le territoire suisse, a été coloriée par MM. JACCARD et A. MULLER. Le texte explicatif n'a pas encore paru. Cette feuille représente les terrains triasiques de la rive droite du Rhin, au N.-E. de Bâle, toute la série des terrains jurassiques du lias au portlandien dans la chaîne extérieure du Jura, de Muttenz près de Bâle à Delle, les terrains sidérolithique, tongrien, la mollasse d'eau douce inférieure et le terrain quaternaire.

M. LANG [3] a donné la coupe des tunnels de Glovelier et de Sainte-Croix. Le premier unit la vallée de Delémont à celle du Doubs ; il passe par les calcaires jurassiques,

[1] Geognostische Mittheilungen aus den Alpen. I. Das Mendel- und Schlerngebirge. Sitzungsber. d. bayr. Akad. d. W., 1873, 14.

[2] Der Boden von Bern. Geognostische Skizze. Prüfungsprogr. der Bern. Kantonssch. für 1873.

[3] Verhandl. d. naturf. Ges. Schaffhausen, 1873, 91.

le lias et le keuper; le second traverse la chaîne du Mont-Terrible et fait communiquer la vallée du Doubs avec Porrentruy ; il est creusé en grande partie dans les marnes du lias et du keuper.

M. F. Schalch a publié, à l'occasion de la réunion de la Société helvétique des sciences naturelles à Schaffhouse, une carte géologique des environs de cette ville, et une autre d'une partie du Höhgau.

Vallée du Rhin. M. Ph. Platz[1] a fait l'histoire géologique de la vallée du Rhin. Il montre les massifs de la Forêt-Noire et des Vosges formés du gneiss primitif traversé par des éruptions de granit, de syénite et de porphyre, et formant la base de tous les dépôts sédimentaires ultérieurs; il décrit les diverses formations à partir du terrain dévonien, le plus ancien qui soit représenté dans cette région, la nature et les conditions de leurs dépôts. La formation de la vallée du Rhin date de l'époque du grès bigarré ; elle a été produite par le soulèvement de la Forêt-Noire et des Vosges qui fut rapide et détermina des fentes parallèles, dirigées SSO-NNE. M. Platz a donné des coupes transversales qui représentent l'état de cette vallée aux époques du grès bigarré, du muschelkalk et aux époques jurassique et tertiaire. J'ai figuré ici les deux premières (Pl. III, fig. 6 et 7).

Le gouvernement badois publie, depuis plusieurs années, une statistique du grand-duché de Bade[2]; la partie géologique de cette publication compte déjà de nombreux mémoires accompagnés de cartes et de coupes

[1] Geologie des Rheinthals. — Beitr. zur Statistik der inn. Verwalt. des Grossherz. Baden, 1873, 33me livr., 36.

[2] Beiträge zur Statistik der inneren Verwaltung des Grossherzogt. Baden, herausgeg. von dem Handelsministerium.

géologiques. La livraison de l'année dernière, publiée par M. le professeur VOGELGESANG, comprend les environs de Triberg et de Donaueschingen ; celle de cette année, exécutée par M. PLATZ, les environs de Forbach et de Ettlingen.

II. Terrains.

Roches cristallines.

M. CURIONI[1] a publié un travail sur la roche syénitique (tonalite) de la chaîne de l'Adamello et sur son origine.

M. F.-J. WICK a comparé les roches primitives des Alpes avec celles de la partie méridionale de la Finlande ; il a reconnu dans cette dernière région les terrains laurentien et huronien; le premier est traversé par des éruptions de granit gneissique, le second par des éruptions de granit porphyroïde et de granit syénitique. Ces roches sont caractérisées par une structure schisteuse ou linéaire, résultant de la pression qu'elles ont eu à supporter; elles ont une grande ressemblance avec le gneiss central et la protogine des Alpes ; les éruptions de ces roches, dues en partie à la pression latérale, sont postérieures à la formation de la calotte schisteuse qui les entoure. M. Wick classe le granit schisteux de la chaîne centrale dans le terrain huronien; il regarde les gneiss divers et les pegmatites des environs du lac Majeur comme laurentiens et les schistes gris et verts comme l'équivalent des schistes argileux primitifs de la Saxe. C'est là un nouvel essai de classification des terrains primitifs des Alpes qui rappelle

[1] Mem. del R. Istit. Lomb., XII. Extr. Bolet. Com. geol. d'Italia, 1873, 103. (Voyez sur la composition de cette roche, *eod. loc.*, 184.)

[2] Verhandl. g. Reichsanst., 1873, 121.

celui qui a été tenté dernièrement par M. Gastaldi et M. de Mojsisovics [1].

La note de M. Studer [2] sur les roches cristallines des Alpes et la stratification du granit a donné lieu à deux réponses : M. A. Heim [3] a fait un examen détaillé du contact des schistes cristallins et des terrains sédimentaires sur le versant nord des Alpes depuis le Kalfeuserthal jusqu'à la Jungfrau, aux environs de Wättis, au Piz Puntaiglas, au Scheidnosli près d'Erstfeld, etc. Les schistes cristallins du versant nord paraissent en général plonger vers le sud, et les roches sédimentaires au nord; mais en examinant en détail leur contact, on voit que les premiers se contournent dans le voisinage des seconds de manière à prendre une inclinaison qui leur est parallèle. Les gneiss de la vallée de Maderan, de l'Oberalpstock, du Piz Cambriales, de l'Urbachsattel, du Mettenberg présentent aussi de grands contournements. Près du sommet de ce dernier, le gneiss repose d'une façon parfaitement concordante sur les roches secondaires, et avec 20° d'inclinaison seulement. Il paraît donc y avoir union intime dans la stratification de ces deux espèces de roches.

M. Lory [4] admet dans les Alpes l'existence de granits massifs et de granits éruptifs en filons; il croit cependant à la stratification sédimentaire du gneiss et à celle des grandes masses de protogine de l'Oisans, du Mont-Blanc, etc., et maintient son explication de la structure en éventail causée par une compression latérale sur des roches beaucoup plus plastiques dans les profondeurs du sol que

[1] Voyez Revue pour 1870 et 1871, 5.
[2] Zeitschr. der deutsch. geol. Ges., 1872. — Revue pour 1872.
[3] Actes de la Société helvét. Schaffhouse, 1873.
[4] Archives (Bibl. Univ.), 1874, XLIX, 89.

dans leurs parties superficielles. Il constate qu'on connaît des lambeaux de trias et de lias reposant en couches horizontales et à des niveaux divers sur les tranches des couches presque verticales des schistes cristallins ou des grès à anthracite (Aiguilles-Rouges, montagnes de l'Oisans, etc.). Ces terrains anciens étaient donc déjà redressés et disloqués avant le dépôt du trias. Dans les dislocations postérieures, les terrains anciens déjà consolidés n'ont pu subir que des glissements relatifs; les couches secondaires se prêtaient, au contraire, à des contournements; c'est ainsi que ces couches, restées horizontales sur les sommets, peuvent se trouver redressées sur les flancs des chaînes. Les intercalations de coins de roches secondaires dans les roches cristallines, signalées par M. Studer, peuvent s'expliquer de la même manière. Ceci se passait dans la *première zone alpine*. Dans les zones plus rapprochées du versant italien, ces roches cristallines n'ont été bouleversées qu'après le dépôt des terrains jurassiques et présentent des voûtes régulières.

Depuis la publication des notes de M. Heim et de M. Lory, M. Studer[1] a encore affirmé d'une manière plus positive sa manière de voir. « Tous les faits, dit-il en parlant des coins calcaires intercalés dans les gneiss, donnent la conviction que le gneiss a entouré et enveloppé les couches de calcaires sous forme de masse tendre, et qu'il faut considérer ses plans de division, non comme des couches déposées d'abord horizontalement, mais comme le résultat d'un crevassement ou d'une schistosité postérieure à son apparition. » M. Studer ne regarde pas, du reste, le gneiss comme ayant apparu à l'état de fu-

[1] Mittheil. naturf Ges. Bern, 1873.

sion ignée, ce qui serait contraire aux phénomènes de contact.

Dans une autre note[1], le même auteur indique et figure le contact du granit et des schistes cristallins sur la rive gauche du glacier de l'Aar. Ces derniers sont traversés par des filons de granit du Grimsel qui en enveloppe des fragments plus ou moins considérables. Necker a fait une observation semblable près de Valorsine au pied nord des Aiguilles-Rouges. Dans ces deux localités, le granit n'a pas de structure tabulaire; il est massif; il doit être plus récent que les schistes cristallins puisqu'il les pénètre, et la formation de ces derniers paraît aussi postérieure à celle des calcaires secondaires, puisqu'on trouve, sur le prolongement de cette zone, les intercalations et les coins de calcaires secondaires des Alpes bernoises.

M. de Fritsch[2] regarde les gneiss et les micaschistes du Saint-Gothard comme des roches stratifiées. C'est, d'après lui, la seule manière d'expliquer la variété des couches qui succèdent les unes aux autres, et d'autres faits de même nature. La structure en éventail n'est pas, d'après lui, le résultat d'une voûte ou d'un pli, car on ne voit nulle part, sur les flancs à égale distance des couches verticales du centre, des roches semblables. Elle n'est pas non plus le produit de l'éruption de roches ignées, car on devrait trouver dans le centre de l'éventail les roches les plus compactes, et c'est précisément le contraire qui se présente au Saint-Gothard où cette région est occupée par les micaschistes tandis que le granit se trouve sur le flanc sud. Cette structure pourrait être l'effet de la pesanteur qui aurait fait étaler peu à peu en

[1] Mittheil. naturf. Ges. Bern, 1874.

[2] Das Gotthardgebiet.

éventail des roches primitivement plus ou moins verticales; ainsi s'expliquerait en partie le fait que les couches se rapprochent plus de l'horizontale dans la partie supérieure du faisceau que dans sa partie inférieure, comme le représentent les belles coupes données par M. de Fritsch.

Métamorphisme. M. A. MULLER[1] a poursuivi ses recherches sur le métamorphisme. Les quartzites, les gneiss et les micaschistes à quartzite, si puissants dans les Alpes centrales, proviennent, suivant ses observations, d'un métamorphisme des grès par l'infiltration du quartz, du feldspath et du mica. Ces roches paraissent appartenir en grande partie aux formations paléozoïques, particulièrement au dévonien et au carbonifère. D'autres gneiss des Alpes paraissent être des calcaires et des marnes modifiés par une introduction de feldspath. Les transformations des schistes métamorphiques tels que les schistes argileux, les micaschistes, les talcschistes et les schistes amphiboliques, ne proviennent pas seulement d'une cristallisation sous l'influence de la chaleur, mais doivent être considérées comme de vraies modifications chimiques produites par l'introduction ou la séparation de substances en dissolution. M. Muller donne une classification des diverses sortes de métamorphismes qu'il divise en plusieurs groupes.

Terrains paléozoïques.

M. BARETTI[2] s'est rattaché complétement à la classification adoptée par M. Gastaldi pour les terrains sédimentaires anciens des Alpes.

[1] Ueber Gesteinmetamorphismus. Verhandl. Basel, 1873.
[2] Bull. del Club Alp. ital., VI, 1873.

M. STACHE[1] a publié une note sur les schistes à graptolithes du mont Osternig en Carinthie; il discute les observations faites avant lui dans cette contrée et donne une coupe de cette montagne. Les découvertes récentes faites dans les terrains paléozoïques de cette région font espérer qu'on pourra arriver à paralléliser les terrains anciens des Alpes avec ceux des autres parties de l'Europe et jetteront aussi de la lumière sur l'âge des schistes anciens des Alpes dans lesquels on n'a pas encore pu trouver de restes organisés.

Les deux horizons de calcaires à fusulines de formes allongées, reconnus par M. STACHE[2] dans la Carinthie, sont supérieurs à la zone des fougères du terrain houiller des Alpes ainsi que l'horizon caractérisé par des fusulines arrondies; l'équivalent du calcaire à fusulines de la Russie, qui correspond à la partie supérieure du calcaire carbonifère, n'y a pas encore été constaté.

D'après les recherches de MM. V. PAYOT et DE BILLY[3], le terrain houiller paraît s'étendre sur le flanc de la chaîne des Aiguilles-Rouges au-dessus d'Argentières, un peu plus que ne l'indique la carte de M. A. Favre.

Dans l'ouvrage de M. BURAT[4] sur la géologie de la France, cet auteur a adopté la théorie qui fait du terrain anthracifère des Alpes un représentant du véritable terrain houiller et il se sépare complétement, à ce point de vue, de l'opinion soutenue par MM. E. de Beaumont et de Sismonda. Il admet également l'existence du trias alpin. Les observations faites dans le tunnel des Alpes occiden-

[1] Jahrb. k. k. g. Reichsanst., 1873, XXIII, 175.
[2] Verhandl. g. Reichsanst., 1873, 291.
[3] Bull. de la Soc. géol. de France, 1874, II, 40.
[4] Géologie de la France. Paris, 1873.

tales, dont M. de Beaumont tirait des conclusions en faveur de sa classification, sont précisément ce qui a achevé de convaincre M. Burat de l'exactitude des observations faites par MM. Lory, Favre, etc.

Les recherches de M. GUMBEL[1] sur le porphyre du Tyrol méridional l'ont conduit aux résultats suivants :

Les couches de houille, dont la présence a été constatée par M. Pichler près de Steinach, se trouvent aussi dans le voisinage du porphyre de Botzen. On en retrouve des fragments empâtés dans le porphyre même. Les grands conglomérats traversés et bouleversés par le porphyre appartiennent très probablement au *Rothliegende.* Le porphyre de Botzen est de la même époque que les porphyres du centre de l'Allemagne et n'appartient pas à l'époque triasique.

Les formations les plus anciennes représentées dans le massif du Glærnisch sont, d'après M. BALTZER[2], la sernifite (conglomérat de Sernft, Verrucano) qui, dans d'autres parties du canton de Glaris, recouvre en stratification transgressive, sur plusieurs kilomètres de longueur, le terrain éocène par suite d'un grand renversement, des quartzites talqueux (*talchelvetanquartzit*), des schistes bigarrés, le calcaire de Röthi et la cargneule. M. Baltzer classe de la manière suivante ces formations, dans lesquelles on ne trouve aucun fossile :

Schistes verts, violets ou rouges, parfois cristallins Quartzite.	Trias.
Calcaire de Röthi et cargneule	Zechstein ?
Quartzite talqueux. Sernifite. . . . . Quartzite.	Rothliegende?

[1] Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. München, 1873, 14.
[2] Der Glærnisch.

J'ai déjà parlé de la classification donnée par M. de Mojsisovics[1] des terrains anciens des Alpes. La puissante formation de grauwacke, qui est intercalée, dans une grande partie du versant nord des Alpes autrichiennes, entre les roches cristallines et les formations mésozoïques, doit très probablement être rapportée en grande partie au terrain silurien, comme le prouvent les découvertes de fossiles faites à Dienten et à Eisenerz ; il se peut cependant qu'elle renferme des représentants de formations plus récentes. Ces schistes auxquels M. Théobald a donné, dans les Grisons, le nom de schistes de Casanna, sont identiques dans cette région à ceux de la Styrie. Le calcaire de Röthi, surmonté du schiste de Quarten, est identique au calcaire de Schwaz et paraît appartenir au terrain du Verrucano ; c'est probablement un représentant du terrain permien dans les Alpes.

Terrains mésozoïques.

Terrain triasique. *Alpes Orientales.* M. Emmrich[2] a donné une description générale du terrain triasique des deux versants des Alpes orientales, d'après les travaux les plus récents publiés sur ce sujet.

M. E. de Mojsisovics[3] a signalé quelques observations nouvelles relativement à la détermination d'un horizon fossilifère découvert dans le muschelkalk des Alpes méridionales et inférieur à la zone de l'*Arcestes Studeri*; il a décrit[4] plusieurs nouveaux céphalopodes de cet horizon ainsi que des gastéropodes des dolomies du Frioul

[1] Jahrb. k. k. g. Reichsanst., 1873, XXIII, 152.

[2] Schaubach's Deutsche Alpen, 1873, p. 641. Geologische Geschichte der Alpen.

[3] Verhandl. g. Reichsanst., 1873, 296.

[4] Jahrb. g. Reichsanst., 1873, XXIII, 425.

et quelques acéphales triasiques (*Monotis* et *Posidonomya*).

Les Alpes de la Suisse orientale ne présentent à l'ouest du Rhin aucune trace du terrain triasique si puissamment développé à l'est de ce fleuve. Divers auteurs avaient cherché à expliquer cette anomalie par la présence d'une grande faille. Mais l'étude des Alpes rhétiques montre que les terrains triasiques, qui s'étendent suivant une direction E.-O., le long des Alpes depuis Vienne, prennent brusquement, dans le Vorarlberg, une direction N.-S. et que cette zone, limitée par le Rhin jusqu'à Reichenau et par le cours du Rhin postérieur, marque la limite occidentale de la mer triasique. M. DE MOJSISOVICS [1] distingue, dans le terrain triasique de cette région, les formations suivantes :

Couches rhétiques.
Grande dolomie.
Gypse et cargneule.
Calcaire de l'Arlberg (dolomie de Partnach).
Couches de Partnach.
Muschelkalk (calcaire de Virgloria).

M. GUMBEL [2] a donné des coupes détaillées du trias dans le Tyrol méridional et il a cherché à paralléliser plusieurs des horizons déjà distingués par Richthofen avec les dépôts triasiques d'autres parties des Alpes ou étrangers à ces montagnes. Il traite successivement du grès de Grœden qu'il regarde comme la partie inférieure du grès bigarré alpin, des couches de Seiss, de la dolomie de Mendola, des couches à *Halobia Lommeli*, des couches de

[1] Jahrb. k. k. geol. Reichsanst., 1873, XXIII, 137. — Verhandl., 1873, 149.

[2] Sitzungsber. d. bayr. Akad. d. Wiss., 1873, 14.

Saint-Cassian, de la dolomie du Schlern, des couches de Raibl et de la grande dolomie. Il donne pour le terrain triasique inférieur des environs de Botzen les équivalences suivantes :

Muschelkalk	supérieur		1. Couches à Halobia Lommeli.
	infér.	supér.	2. Dolomies. Retzia trigonella. Ammonites Studeri (Virgloriakalk et Mendoladolomit).
		infér.	3. Schistes bigarrés et dolomie : *a*) dolomie ; *b*) schistes à Naticella costata ; *c*) schistes à Posidonomya Claraï ; *d*) schistes à Pecten discites et Ostrea ostracina.
Grès bigarré	supér. (Röth)		4. Schistes et dolomie à Myophoria costata.
	infér.		5. Grès bigarré alpin proprement dit (à la base, grès de Grœden).
			6. Arkose, conglomérat, brèche.

Nous devons à M. Loretz[1] des recherches sur le terrain triasique des environs de Niederdorf, de Sexten et de Cortina dans le Tyrol méridional. Ce travail est un résumé d'un ouvrage plus considérable destiné à paraître prochainement.

Forêt-Noire. M. Schalch[2] a fait une étude détaillée du terrain triasique dans la partie S.-E. de la Forêt-Noire. Une liste de sa faune et de sa flore, de nombreuses coupes et des tableaux sont joints à ce travail. L'auteur examine successivement le grès bigarré, le muschelkalk, la lettenkohle et le keuper et décrit une à une leurs nombreuses subdivisions. Il établit un parallélisme de ces formations avec celles des environs de Wurzbourg. Les principales subdivisions adoptées par lui et partagées chacune en plusieurs horizons ou bancs, sont les suivantes :

[1] Neues Jahrb., 1871, 271, 337, 612, 854.

[2] Beiträge zur Kenntniss der Trias am sudœstlichen Schwarzwalde, 1873.

Keuper	supérieur. inférieur (gypse).
Lettenkohle	dolomie (Grenzdolomit). schistes à esthéries, grès de Lettenkohle. dolomie inférieure et bonebed.
Muschelkalk	dolomie supérieure. muschelkalk principal. groupe de l'anhydrite. groupe du Wellenkalk.
Grès bigarré	Röth. Grès vosgien.

M. Platz[1] a donné une description du gisement de sel des environs de Wyhlen, près de Bâle, dans le grand-duché de Bade. Le terrain triasique s'adosse au nord et à l'est au massif de la Forêt-Noire et se prolonge au loin vers le sud; il repose sur le terrain permien. Le sel qui forme un dépôt très puissant se trouve dans le groupe de l'anhydrite du muschelkalk[2], associé à cette substance, au gypse, à des calcaires bitumineux et recouvert de dolomie. M. Platz donne des coupes et de nombreux détails sur la nature du sel, son gisement et son exploitation. La faille dont beaucoup de géologues supposent l'existence le long de la vallée du Rhin ne s'y trouve pas en réalité, d'après M. Platz; mais cette vallée est, entre Waldshut et Bâle, une vallée d'érosion. La formation du bassin salin date de la période du grès bigarré qui fut aussi celle du soulèvement de la Forêt-Noire et de la formation de la vallée du Rhin au nord de Bâle[3].

Trias supérieur des Alpes. Les coupes prises par M. Lory[4] dans les vallées de la Tarentaise montrent nettement que les schistes lustrés sont inférieurs à la zone de

[1] Das Steinsalzlager von Wyhlen. Verhandlungen des naturw. Ver. Carlsruhe, 1873, VI, 105.

[2] Voyez le tableau précédent.

[3] Platz, Geologie des Rheinthals. Verh. Carlsruhe, 1873, VI.

[4] Bull. de la Soc. géol. de France, 1873, I, 266.

l'*Avicula contorta*; ils sont toujours supérieurs aux grès blancs ou quartzites; avec les amas de gypse qu'ils renferment, ils forment l'étage supérieur d'un système dont les calcaires magnésiens et les quartzites forment l'étage inférieur; ce système est superposé au grès à anthracite représentant du terrain houiller; il n'y a aucune raison pour le rapporter au terrain permien, mais il constitue le trias des Alpes occidentales. La serpentine, l'euphotide, etc., sont souvent intercalées dans les roches de cette époque et il faut y ranger une partie de la zone des pierres vertes de M. Gastaldi.

M. GARNIER[1] a observé aux environs de Barles (Basses-Alpes), dans la partie supérieure du terrain triasique, un passage complet du calcaire dolomitique des marnes irrisées à un schiste verdâtre, lustré, calcaréo-talqueux, tout à fait semblable à celui du Queyras. La position de cette roche qui est parfaitement déterminée confirme en tous points les conclusions de M. Lory qui considère « les « schistes lustrés du Queyras, de Bardonnèche, du Mont-« Cenis, etc., comme un faciès alpin de certaines assises « argileuses du trias correspondant principalement à la « partie supérieure de cette formation. »

Le terrain triasique des Alpes fribourgeoises se compose de gypse, de cargneule et de dolomie dont M. GILLIÉRON[2] signale les divers affleurements.

M. E. DE MOJSISOVICS[3] a publié la première partie de la faune du terrain triasique des environs de Hallstatt. Ce magnifique volume, accompagné de 32 planches, contient

[1] Bull. de la Soc. géol. de France, 1872, XXIX, 624.
[2] Matér. pour la carte géol. de la Suisse, 1873, XII.
[3] Das Gebirge um Hallstatt. I. Die Mollusken-Faunen der Zlambach- und Hallstätter-Schichten. Abhandl. k. k. g. Reichsanst., 1873, VI. — Note, Verhandl. k. k. g. Reichsanst., 1873, 175.

la description d'une partie des céphalopodes des couches de Zlambach et de Hallstatt ; ils appartiennent aux genres suivants : *Orthoceras* (9 espèces), *Nautilus* (38), *Lytoceras* (4), *Phylloceras* (6), *Pinacoceras* (32), *Sageceras* (1) et *Arcestes* (groupe de l'*A. tornatus*, 16). L'importance de cette admirable faune qui forme un intermédiaire entre les faunes primaires et secondaires, les nombreux documents géologiques et paléontologiques qui seront contenus dans la seconde et la troisième partie de ce travail, dû à un des auteurs qui a la connaissance la plus approfondie du terrain triasique des Alpes, donnent à cette publication une importance exceptionnelle.

Terrain rhétien. M. Gilliéron[1] a distingué, dans le terrain rhétien des Alpes fribourgeoises, deux subdivisions : une inférieure, calcaire, marneuse et schisteuse avec

Avicula contorta Portl.	Ostrea Haidingeriana Emmr.
Lima exaltata Terq.	Ostrea sublamellosa Dunk.
Plicatula intusstriata Emmr.	Terebratula gregaria Suess, etc.

et une supérieure, formée de calcaire compacte, roux et de calcaire à silex, également assez riche en fossiles; mais ces subdivisions ne concordent pas avec les zones paléontologiques établies par M. Renevier dans les Alpes vaudoises.

Terrain jurassique. On trouvera dans l'ouvrage de M. Gilliéron une description très détaillée du terrain jurassique des Alpes de Fribourg. Cet auteur décrit successivement : le lias avec ses diverses subdivisions, entre autres les deux zones du lias supérieur reconnues dans l'Europe centrale, le bajocien, les couches de Klaus qui présentent une association de fossiles bathoniens et calloviens, et le callovien proprement dit. Dans le massif du Monsalvens, il réunit sous le nom de Jura moyen, les

[1] Matériaux pour la carte géol. de la Suisse, XII.

schistes à nodules, dont la faune est callovienne avec quelques espèces oxfordiennes, et le calcaire à ciment qui est peu fossilifère. Le terrain jurassique supérieur varie beaucoup d'une chaîne à l'autre; dans la chaîne du Ganterist, il est formé de calcaire grumeleux avec de nombreux fossiles de la zone de l'*Ammonites transversarius*, surmonté de calcaire compacte à rognons de silex ; il se modifie dans la chaîne du Stockhorn; dans celle du Simmenthal, il se compose de schistes à charbon, de calcaire kimméridien et de calcaire à faciès corallien.

Dans le massif du Monsalvens, M. Gilliéron établit, dans le jurassique supérieur, trois subdivisions principales :

Tithonique,	peu fossilifère.
Zone de l'Amm. tenuilobatus	calcaire en grumeaux. calcaire schisteux.
Zone de l'Amm. transversarius	calcaire concrétionné (Amm. Manfredi, Oegir, stenorhyncus, birminsdorfensis, Collyrites friburgensis.

Voici les subdivisions établies par M. Baltzer[1] dans le terrain jurassique du Glærnisch :

Malm.	Étage alpin	calcaire à diphya. schistes à aptychus (schistes de Balfries). calcaire à nérinées de Stramberg (calcaire de Tros).
	Hochgebirgskalk (zones de l'Amm. tenuilobatus et de l'Amm. bimammatus (?).	
	Zone de l'Amm. transversarius, calcaire de Schilt.	
Dogger	Oolite de Blegi (zone de l'Amm. Parkinsoni et callovien), très-fossilifère.	
	Brèche à échinodermes (zone de l'Amm. Humphriesianus).	
	Zone de l'Amm. Murchisonæ	oolite ferrugineuse. grès.
	Argile à Amm. opalinus.	
Lias . .	Zone de l'Amm. Bucklandi.	

M. de Hauer[2] a donné le tableau suivant des terrains jurassiques des Alpes autrichiennes :

[1] Der Glærnisch.

[2] Geol. Uebersichtskarte der Œsterr. Mon., feuille XII.

		(Nord). Alpes autrichiennes.		(Sud).
TERRAIN JURASSIQUE.	TITHON.	Calcaire de Stramberg ; calcaire de Plassen. Couches d'Oberalm ; calcaire à Aptychus et marbre de Haselberg.		Calcaire de Stramberg. Calcaire à diphya.
	MALM.	Calcaire rouge de Vils. Couche à Amm. acanthicus. Calcaire blanc de Vils ; couches du Brielthal.		Calcaire rouge à Ammonites ; couches de l'Amm. acanthicus.
	DOGGER.	Couches de Klaus ; calcaires à Posidonomyes. Zone de l'Amm. Sauzei.		Couches de Klaus. Zone de l'Amm. Sauzei. Zone des Amm. Murchisonæ et scissus.
TERRAIN LIASIQUE.		*Osterhorn.*	*Voralpen.*	
	SUPÉRIEUR	Fleckenmergel.	Fleckenmergel.	Calcaire rouge ammonifère de Erba, Entratico. Couches à végétaux fossiles de Rotzo.
	MOYEN.	Zone de l'Amm. margaritatus; couches d'Adneth. (Fleckenmergel et couches d'Adneth.)	Couches de Hierlatz. (Couches de Hierlatz.)	Medolo.
	INFÉRIEUR	Zone du Pentacr. tuberculatus. — de l'Amm. Bucklandi (couches d'Enzesfeld). — de l'Amm. angulatus. — de l'Amm. planorbis.	Couches de Gresten.	Lias de Saltrio.

M. DE FRITSCH[1] donne des détails sur les roches secondaires observées sur les deux flancs du massif du Saint-Gothard, entre la Furca et Andermatt au nord, les Nufenen et le Lukmanier au sud; il indique divers gisements où il a recueilli des bélemnites et des pentacrinites. Ces roches lui paraissent appartenir au lias sur le versant méridional; elles sont un peu différentes sur le versant nord où il les regarde comme liasiques ou jurassiques. J'ai figuré (pl. III, fig. 1, 2) les coupes qu'il donne du col des Nufenen.

M. MÉNÉGHINI[2] a continué la publication de sa monographie des fossiles du calcaire rouge ammonitique de la Lombardie et de l'Apennin.

Terrain jurassique supérieur et étage tithonique. M. OOSTER[3] a signalé, dans le calcaire jurassique de la Dallefluh, au bord du lac de Thoune, l'*Ammonites biplex* et l'*Apiocrinus polycyphus* Mer.

Les Dactyloporidées, contenues en grande abondance dans le muschelkalk et le keuper des Alpes[4], et qui se retrouvent aussi dans le terrain tertiaire, ont également, d'après M. GUMBEL[5], qui a fait de ces organismes une étude spéciale, leurs représentants dans les terrains secondaires; le *Conodictyum bursiforme* Et. du corallien de Valfin, appartient, sans aucun doute, à ce groupe de foraminifères et M. Gumbel lui donne le nom générique de *Petrascula*; il en signale aussi deux autres espèces moins certaines.

[1] Das Gotthardgebiet.
[2] Paléontologie lombarde, IVme série.
[3] Neues Jahrb. für Miner., 1873, p. 169.
[4] Gümbel, Abhandl. d. k. bayer. Akad. d. Wiss., 1872, XI, 1.
[5] Sitzungsber. d. bayer. Akad. d. Wiss., 1873, 282.

La monographie des tortues fossiles par M. RUTIMEYER[1] est principalement consacrée aux tortues du terrain jurassique supérieur de Soleure; il en signale 14 espèces appartenant toutes à la subdivision des tortues d'eau douce. Il décrit ensuite les autres tortues du Jura suisse, celles de Kelheim, Solenhofen et Eichstädt, celles de Cerin et celles du Hanovre. Tous ces gisements appartiennent aux terrains kimméridien et portlandien.

M. DE TRIBOLET[2] a publié à nouveau sa notice géologique sur le Mont-Chatelu.

Le même auteur[3] a poursuivi ses études géologiques sur les terrains jurassiques supérieurs du Jura neuchâtelois. Il décrit successivement le spongitien (couches de Birminsdorf), la zone des calcaires hydrauliques, le pholadomyen (couches du Geissberg), le corallien inférieur et supérieur, le séquanien inférieur et supérieur, le ptérocérien inférieur et supérieur, le virgulien et le portlandien. Il ne considère plus, comme il l'avait fait dans ses travaux précédents, le corallien inférieur (couche à coraux) comme l'équivalent du terrain à chailles et du dicératien, mais seulement comme celui du premier de ces terrains. De longues listes de fossiles accompagnent la description de chaque terrain. Enfin, il figure un grand nombre d'espèces nouvelles parmi lesquels un saurien *Teleosaurus (Steneosaurus) Picteti.*

M. JACCARD[4] a combattu plusieurs des opinions émises

[1] Denkschr. d. schweiz. naturf. Ges., 1873, XXV.

[2] Mém. de la Société d'Émulation du Doubs, 1872. — Voyez Revue géologique pour 1872.

[3] Recherches géologiques et paléontologiques dans le Jura supérieur neuchâtelois, 1873.

[4] Bull. de la Société des Sciences de Neuchâtel, 1873, IX, 410, 479.

par M. de Tribolet, dans ses notices sur le Mont-Châtelu et le cirque de Saint-Sulpice, sur le synchronisme des dépôts du Jura argovien avec ceux du Jura neuchâtelois et en particulier sur les représentants du corallien dans cette région, sur les couches d'Effingen, la présence de la dalle-nacrée à Saint-Sulpice, etc. M. DE TRIBOLET[1] a modifié en partie sa manière de voir, tout en maintenant ses opinions sur un grand nombre de points.

M. P. DE LORIOL[2] a exposé la série des terrains jurassiques supérieurs en Suisse, telle qu'elle a été établie par M. Mœsch; il s'est rattaché entièrement à cette classification dans l'Échinologie helvétique. M. VÉLAIN[3] combat au contraire cette classification et regarde la zone de l'*Ammonites tenuilobatus* comme la partie supérieure de l'oxfordien.

M. NEUMAYR[4] a rendu compte d'une excursion faite l'année dernière par quelques naturalistes dans les terrains jurassiques supérieurs des cantons de Soleure et d'Argovie. Il confirme la parfaite exactitude des observations de M. Mœsch sur la contemporanéité de l'astartien et de la zone de l'*Amm. tenuilobatus.*

Le même auteur[5] a fait une étude géologique et paléontologique détaillée des couches à *Ammonites acanthicus*, d'après des matériaux recueillis dans les Alpes méridionales et septentrionales, les Carpathes de la Hongrie et de la Gallicie, le Banat et la Transylvanie. Une

[1] Bull. de la Société des Sciences de Neuchâtel, 1873, IX, 444.
[2] Bull. de la Société géol. de France, 1871, I, 146.
[3] Bull. de la Société géol. de France, 1871, I, 148.
[4] Verhandl. g. Reichsanst., 1873, 144.
[5] Die Fauna der Schichten mit Aspidoceras acanthicum. Abhandl. der k. k. g. Reichsanst., V, n° 6, 1873.

série de magnifiques planches accompagne ce travail dans lequel l'auteur décrit beaucoup d'espèces nouvelles et fournit de nouveaux matériaux pour la classification des ammonites, genre le plus abondamment représenté dans cette faune; car il en mentionne 88 espèces sur 126 signalées dans ce travail. M. Neumayr divise les couches de l'*Aspidoceras acanthicum* de l'Autriche en deux zones, celle de l'*Oppelia tenuilobata* et du *Phylloceras isotypum* et celle de l'*Aspidoceras Beckeri,* plus récente que la première.

Je ne puis entrer ici dans le détail de la discussion à laquelle a donné lieu l'âge de la couche à *Ammonites acanthicus*. Plusieurs géologues français, M. le professeur Hébert[1], M. Velain, M. Dieulafait, etc., la regardent comme oxfordienne, les géologues allemands et suisses, comme kimméridienne ou astartienne. M. Neumayr partage entièrement cette dernière opinion et l'appuie sur des preuves parfaitement solides, en discutant les rapports de cette couche avec celles qui lui sont supérieures et inférieures dans tout le bassin méditerranéen et dans une partie du bassin de l'Europe centrale. Cette question l'amène en même temps à l'examen de l'étage tithonique. Il admet que, dans le bassin méditerranéen, la série des dépôts a été continue du jurassique au crétacé, quoiqu'on n'en trouve en aucun point le développement complet. Le tithonique inférieur, équivalent des couches de Solenhofen, y est représenté par des dépôts divers dont les uns ont un faciès à céphalopodes (Rogoznik, Alpes méridionales, etc.), les autres un facies corallien (Inwald, Salève, couche à *Terebr. Moravica*, etc.), le tithonique supérieur, par les calcaires de Stramberg et les couches à *Terebratula*

[1] Bulletin de la Société géol., 1873, I.

janitor du sud de la France. Des faunes coralliennes se trouvent à des niveaux très divers dans le terrain jurassique supérieur. M. Neumayr confirme entièrement les vues émises par Oppel, il y a huit ans, sur l'étage tithonique ; il donne la classification suivante du terrain jurassique supérieur du midi de la France :

Couche à Amm. occitanicus et Terebratula diphyoides.	Berrias, néocomien inférieur.
Couche à Amm. transitorius et Terebratula janitor.	Porte-de-France, tithonique supér.
Zone de la Terebratula Moravica.	Tithonique inférieur.
Dolomies puissantes à Rhynchonella Astieriana.	Kimméridien supérieur.
Zone des Amm. tenuilobatus et polyplocus.	Kimméridien inférieur.

Plusieurs naturalistes ont terminé la publication de la description des poissons fossiles du Bugey, commencée par THIOLLIÈRE [1] (1854). Cette livraison contient 13 planches de poissons dont la description a été faite par M. GERVAIS auquel on doit aussi quelques remarques sur les reptiles trouvés dans les mêmes gisements. M. DE SAPORTA en a décrit les végétaux tandis que MM. FALSAN et DUMORTIER ont fait l'étude géologique de cette région du Jura dans laquelle ils ont reconnu la série des terrains jurassiques, du lias au purbeck, et des terrains crétacés, du valangien à l'urgonien, surmonté des terrains tertiaires. Les couches à poissons et à végétaux appartiennent au terrain kimméridien ; elles sont supérieures au corallien et comprises entre la couche à *Ostrea virgula* et le calcaire portlandien à *Nerinea suprajurensis* et *Natica Mar-*

[1] *Thiollière*, Description des poissons fossiles provenant des gisements coralliens du Jura dans le Bugey, 2me livr., revue par M. P. Gervais, publiée par MM. Dumortier, Falsan et Godinot.

cousana. On remarque parmi les fossiles de ce gisement contemporain de Solenhofen un bel échantillon du *Cidaris carinifera* caractéristique des couches tithoniques de Salève, Wimmis et Stramberg.

D'après les recherches de M. Falsan[1] dans le Bas-Bugey, la zone à *Ammonites polyplocus*, abondante en fossiles (*A. polyplocus, Schilleri, iphicerus, trachynotus*, etc.), dans laquelle est intercalé un banc de dolomie pisolithique avec le *Turbo globatus*, forme des couches de passage entre le terrain oxfordien et le terrain corallien. Il regarde les couches coralliennes de cette contrée comme appartenant au corallien proprement dit, au-dessus duquel se trouveraient les terrains kimméridien et portlandien. Je donne ici la coupe des terrains jurassiques supérieurs de cette région en indiquant en regard la classification qu'en donne M. Neumayr[2], qui est très différente de celle de M. Falsan :

M. Falsan		M. Neumayr.
	Purbeck.	
Portlandien. . . .	Brèche et dolomie sans fossiles. Calcaire à Nerinea suprajurensis, Natica Marcousana.	Portlandien supérieur.
Kimméridien . . .	Schistes bitumineux et calcaires lithographiques à Zamites Feneonis, Cidaris carinifera, Am. Calisto ?, nombreux vertébrés.	Portlandien inférieur.
	Couche à Cyprina Brongniarti et Ostrea virgula.	Kimméridien supérieur.
Corallien	Calcaire à nérinées et diceras, faune de Valfin.	Kimméridien moyen ?
Couches de passage	Zone à Ammon polyplocus.	Kimméridien inférieur.
Oxfordien.	Oxfordien	Oxfordien.

[1] Bull. de la Société géol. de France, 1873, I, 170.
[2] Verhandl. g. Reichsanst., 1874, 37.

Cette série fournit à M. Neumayr des données nouvelles sur le classement dans la série jurassique de l'étage tithonique; car la position des couches de Cerin est parfaitement déterminée et ces couches sont identiques à celles de Solenhofen dont la contemporanéité avec le tithonique inférieur est aujourd'hui reconnue.

M. Gilliéron[1] classe le terrain tithonique dans le jurassique supérieur. Il donne une liste de la faune tithonique du Dat (Semsales) qui paraît former un passage du tithonique inférieur au supérieur. Il signale des blocs et des cailloux tithoniques remaniés dans les couches de Berrias de la même région et des fragments plus ou moins arrondis de cette même roche dans le purbeckien du Jura.

L'importante monographie des gastéropodes des couches de Stramberg publiée par M. Zittel[2] a également beaucoup contribué à éclairer la discussion sur la limite des périodes jurassique et crétacée. Ces fossiles appartiennent tous à la partie supérieure de l'étage tithonique tel qu'il a été défini précédemment par cet auteur. L'aspect général de cette faune est jurassique; un examen attentif montre qu'elle se compose en majeure partie d'espèces nouvelles, le plus souvent limitées à l'étage tithonique, dont le caractère général rappelle un peu les gastéropodes du terrain crétacé inférieur et à un degré beaucoup plus élevé ceux du coral-rag jurassique. Sur 143 espèces, 110 sont spéciales à l'étage tithonique supérieur; 25 sont communes à l'étage tithonique inférieur, 18 à divers étages jurassiques; il ne s'en retrouve au-

[1] Matériaux pour la carte géol. de la Suisse, XII.

[2] Die Gasteropoden der Stramberger Schichten. Paleontol. Mittheil., II, 3, 1873.

cune dans le terrain crétacé. Les couches de Stramberg paraissent donc appartenir à un des termes les plus récents de la série jurassique, mais ne peuvent être parallélisées avec aucun d'entre eux.

(*La suite au prochain numéro.*)

EXPLICATION DE LA PLANCHE III.

Fig. 1. Coupe du col des Nufenen par M. de Fritsch (Pl. I, fig. 1) $\frac{1}{50000}$.

Fig. 2. Coupe de détail du col des Nufenen, du même auteur (Pl. IV, fig. 17); dans *L*, *a* schistes à bélemnites, *b* grès quartzeux, *c* schistes talqueux.

Fig. 3. Coupe de la Furca, du même auteur (Pl. I, fig. 3) $\frac{1}{50000}$.

Fig. 4. Coupe du Lukmanier, du même auteur (Pl. III, fig. 2) $\frac{1}{50000}$.

Explication des signes des figures 1 à 4: *L J.* Lias, jura, *L* lias, *m* marbre et calcaire, *R* cargneule, *G* gypse et anhydrite, *Sk* schistes micacés calcaires, *Sgr* schistes noirs grenatifères, *Sg* schistes gris (Bündner Schiefer), *Sc* Phyllite et gneiss avec séricite et chlorite, *Sa* schistes amphiboliques, *Gl* micaschistes, *Glq* micaschiste quartzifère, *Glgn* gneiss micacé passant au micaschiste, *Gn* gneiss, *Grgn* gneiss granitique.

Fig. 5. Fragment d'une coupe des vallées de la Tarentaise par M. Lory. Bull. Soc. géol. 1873, I, pl. IV, fig. 2. $\frac{1}{50000}$. *l* lias supérieur, *L* lias inférieur, *K* infra-lias, *S* schistes bariolés, *G* gypse, *Z* schistes lustrés, *Q* quartzite, *h* grès à anthracite.

Fig. 6 et 7. Coupes de la Forêt-Noire aux Vosges, d'après M. Platz: *fig. 6*, après le dépôt du grès bigarré inférieur; *fig. 7*, après le dépôt du Muschelkalk. *R P.* roche primitive, *G B.* grès bigarré, *M* Muschelkalk, *P* porphyre.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

Prof. Arthur Wright. Sur la polarisation de la lumière zodiacale. (*Americ. Journal*, mai 1874.)

M. le professeur Wright s'est proposé de résoudre la question, encore très-débattue, de savoir si la lumière zodiacale est polarisée ou non. Les recherches antérieures sur ce sujet, faites en employant le polariscope de Savart, n'avaient jusqu'ici fourni que des résultats négatifs ou contradictoires. L'auteur attribue cet insuccès à la trop grande absorption de lumière qui a lieu dans cet instrument dont il s'est aussi vainement servi lui-même. Après diverses autres tentatives, également infructueuses, faites tantôt avec un polariscope de Savart modifié, tantôt avec l'appareil employé par M. Huggins pour l'étude de la comète de Encke, M. Wright a finalement réussi à se procurer un polariscope d'une grande sensibilité dont il donne la description suivante :

Cet instrument se compose d'une plaque de quartz coupée perpendiculairement à l'axe et produisant avec la lumière polarisée une coloration d'une intensité tout à fait inusitée. C'est un macle dont la plus grande partie est formée de quartz déviant à gauche, traversée dans une direction un peu excentrique, par une bande de quartz tournant à droite, large de $6^{mm},5$, bordée de chaque côté par une bande large d'environ 2^{mm}, d'une structure différente qui semble produite par l'entre-croisement des couches des deux espèces de quartz. Ces bandes intermédiaires, sous l'action de la lumière polarisée, ne produisent que des différences d'éclat sans aucune manifestation de coloration. Lorsqu'on intercale cette plaque de quartz entre deux prismes de Nicol, elle donne

lieu aux apparences suivantes : Si les diagonales correspondantes des deux prismes sont parallèles ou à peu près parallèles, les deux bandes intermédiaires paraissent blanches sur un fond rouge pourpre. Lorsqu'on place les deux diagonales en croix, ces bandes se détachent en noir sur un fond d'un jaune légèrement verdâtre. Si l'on tourne alors l'un des prismes d'un angle de 45°, la bande centrale paraît d'un bleu intense sur un fond jaune, ou d'un jaune brillant sur un fond bleu foncé, suivant le sens de cette rotation. Les positions intermédiaires fournissent diverses teintes. Examinée à travers un seul prisme et avec de la lumière non polarisée, la plaque se montre tout à fait incolore et on n'y distingue aucune trace d'hétérogénéité.

La plaque de quartz est fixée à l'une des extrémités d'un tube assez large pour la contenir tout entière et long de onze pouces. A l'autre extrémité se trouve un prisme de Nicol d'assez grande dimension et pouvant tourner sur lui-même. Cet instrument forme un polariscope d'une sensibilité extraordinaire très-supérieure à celle de l'appareil de Savart, surtout pour l'analyse des lumières de faible intensité. La présence des bandes intermédiaires étroites est particulièrement avantageuse, car, même avec un faible éclairement, elles se détachent en lignes brillantes sur un fond opaque ou inversement en lignes opaques sur un fond brillant. La grande étendue du champ ainsi que la parfaite transparence de cette combinaison optique contribuent aussi à accroître la puissance de l'instrument. Sa sensibilité est telle que, par une nuit claire sans lune, on peut produire distinctement les bandes brillantes ou obscures avec la lumière du ciel réfléchie par une plaque de verre. Quant au plan de polarisation, il est parallèle à la plus longue diagonale du prisme dans le cas des bandes brillantes et, au contraire, parallèle à la plus courte diagonale lors de l'apparition des bandes opaques.

Muni de ce nouveau genre de polariscope, M. Wright n'a

pas tardé à se convaincre que la lumière zodiacale est polarisée dans un plan passant par le soleil.

« Mes observations, dit-il, furent faites dans une chambre de l'étage supérieur de Yale College, dont les fenêtres regardent le sud-ouest, et d'où la vue s'étend presque jusqu'à l'horizon. Pendant mes observations, cette chambre n'était éclairée que par la lumière du ciel, juste assez vive pour rendre les objets à peine visibles. Après avoir été exposé pendant quinze ou vingt minutes à cette faible clarté, l'œil acquerrait une sensibilité suffisante pour les observations. Cette précaution est nécessaire, car quelques instants d'une brillante lumière rendent, pour longtemps, l'œil impropre à l'appréciation des intensités lumineuses. On faisait tourner ensuite le prisme de Nicol plusieurs fois sur lui-même, afin que la connaissance de l'orientation initiale des bandes de quartz ne risquât pas d'influencer la détermination de sa position pendant l'expérience. En visant alors la lumière zodiacale à travers le tube, et en faisant tourner lentement tout l'appareil, on trouvait une position pour laquelle les bandes devenaient assez visibles pour qu'on pût déterminer leur nature et leur direction.

En général, on ne pouvait les observer d'une manière directe que pendant quelques instants à cause de la fatigue que l'œil éprouvait bientôt. Après quelques minutes de repos on promenait rapidement l'œil dans le champ de l'appareil, puis on le fixait subitement sur un point de la plaque de quartz. De cette manière on apercevait distinctement les bandes dont on pouvait apprécier l'orientation avec certitude.

Pendant les nuits très-claires, les zones intermédiaires brillantes se voyaient sans grande peine, tandis que la bande centrale obscure, correspondant à une inclinaison de 45° du prisme se distinguait moins facilement. Quant aux zones intermédiaires, on ne les apercevait que par instants très-courts.

Après avoir déterminé par de nombreuses observations

l'angle de chaque bande avec une ligne fixe, telle que l'axe de la lumière zodiacale, ou une direction prise entre deux étoiles parallèlement à cet axe, on trouvait la position du plan de polarisation au moyen de la lumière d'une flamme de gaz convenablement placée ou bien on la déduisait de l'orientation du prisme de Nicol.

Les résultats d'un grand nombre d'observations se sont trouvés tout à fait concordants et ont prouvé que le plan de polarisation passe par le soleil aussi exactement, du moins, que la position de cet astre a pu être déterminée.

La direction des bandes, lorsque le ciel était assez clair pour qu'on pût la déterminer, n'a jamais cessé d'être celle qui convient à un plan de polarisation passant par le soleil. Enfin, on n'a jamais vu aucune trace des bandes en dirigeant l'instrument vers d'autres portions du ciel. Ces observations ont été faites pendant les dix jours qui ont précédé la nouvelle lune en janvier et février 1874. A cette époque, il y a eu un nombre exceptionnel de nuits claires et froides avec une atmosphère calme. L'absence de la lune et l'éloignement de toutes les planètes et étoiles les plus brillantes enlevaient toutes les causes d'erreur qu'on aurait pu leur attribuer. Comme, en outre, l'instrument était dirigé vers des points distants du soleil de 30° à 40°, ou même davantage, la polarisation observée ne saurait provenir de quelque reste du crépuscule. Le fait que cette polarisation était surtout visible pendant les nuits les plus claires empêche aussi de l'attribuer à la réflexion de la lumière zodiacale elle-même par l'atmosphère ou par les particules en suspension dans celle-ci.

M. Wright a aussi tenté d'apprécier la proportion de lumière polarisée contenue dans la totalité de la lumière zodiacale. Dans ce but, il s'est d'abord construit une courbe représentant l'intensité de polarisation produite par la réfraction de la lumière ordinaire au travers de quatre plaques de verre sous les diverses incidences et en prenant pour

point de départ les observations du professeur W.-G. Adams sur ce sujet. Il polarisait ensuite, au moyen de ces mêmes plaques, la lumière de certains points de la voie lactée dont l'intensité différait très-peu, en moins, de celle de la lumière zodiacale. Notant alors l'angle d'incidence pour lequel cette lumière polarisée produisait, dans son polariscope, les mêmes bandes que la lumière zodiacale ; il trouvait, par comparaison avec la courbe, une limite supérieure de l'intensité de polarisation correspondante.

Pour trouver une limite inférieure, il faisait la même comparaison avec la lumière réfléchie par un mur presque blanc et à surface mate dont l'éclairement était légèrement supérieur à l'intensité de la lumière zodiacale. Le mur étant éclairé par deux flammes de gaz, l'axe du polariscope était dirigé vers un point situé à égale distance des deux flammes et de telle manière que les plans, passant par cet axe et par les deux lumières, fussent à angle droit l'un sur l'autre. La lumière émanant de ce point du mur était ainsi entièrement dépolarisée. On lui donnait l'intensité voulue en diminuant les flammes jusqu'à ce que leur éclat permît de distinguer une légère rayure de la plaque de quartz, tout juste visible avec la lumière zodiacale.

M. Wright a, en outre, examiné au spectroscope la lumière zodiacale, et, de même que MM. Liais et Piazzi Smyth, il lui a trouvé un spectre continu assez semblable au spectre solaire. En tout cas ce spectre est dépourvu de toute ligne ou bande brillante analogue à celle de l'aurore boréale.

Il résume enfin son mémoire dans les cinq propositions suivantes :

1° La lumière zodiacale est polarisée dans un plan passant par le soleil.

2° La proportion de lumière polarisée est très-probablement d'environ 15 °/₀ et ne saurait guère dépasser 20 °/₀.

3° Le spectre de cette lumière n'est pas sensiblement différent de celui de la lumière solaire, sauf en ce qui concerne son intensité.

4° Cette lumière, qui provient du soleil, est réfléchie par une substance solide.

5° Cette matière solide consiste en petits corps (météorides) qui gravitent autour du soleil dans des orbites condensées vers l'écliptique.

F. Kohlrausch. Coefficient de dilatation du caoutchouc durci. (*Poggend. Annalen*, tome CXLIX, p. 577; *Naturforscher*, tome VII, p. 8.)

Ayant fait à plusieurs reprises l'observation que des flacons de verre fermés par des bouchons de caoutchouc durci avaient sauté, M. Kohlrausch en conclut que cette substance devait être très-dilatable. Cette hypothèse fut pleinement vérifiée par l'expérience et au delà, car le coefficient de dilatation de ce corps se trouva être environ le triple de celui du zinc. D'après les mesures de l'auteur, le coefficient de dilatation pour 1° entre 16°,7 et 25°,3 = 0,0000770 et entre 25°,3 et 35°4 = 0,0000842. Ainsi donc non-seulement le caoutchouc durci a un très-fort coefficient de dilatation, mais celui-ci croît très-rapidement avec la température.

Cette propriété remarquable pourrait être appliquée à la construction de thermomètres très-sensibles. Ainsi, avec un petit appareil consistant en deux lames de caoutchouc durci et d'ivoire collées l'une contre l'autre et longues de 20 centimètres fixées à l'une de leurs extrémités, on obtient à l'autre extrémité, pour un changement de température d'un degré, un déplacement de plusieurs millimètres. Le coefficient de dilatation du caoutchouc durci est égal à zéro degré à celui du mercure; au delà il est plus fort. On peut donc, comme curiosité, construire un thermomètre à mercure avec un réservoir de cette substance dont la marche sera inverse de la marche normale des thermomètres et qui baissera pour des températures montantes.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

A. GERSTÆCKER. ZUR MORPHOLOGIE, etc. MORPHOLOGIE DES ORTHOPTERA AMPHIBIOTICA ; in-4° avec 1 pl. (*Festschrift zur Feier des hundertjähr. Bestehens der Gesellsch. naturforsch. Freunde zu Berlin*, 1844.) — LE MÊME. UEBER DAS VORKOMMEN, etc. SUR L'EXISTENCE DE BRANCHIES TRACHÉENNES CHEZ LES INSECTES PARFAITS. (*Zeitschr. für wissenschaftl. Zoologie*, vol. XXIV, 2me cahier, 1874, p. 204-252, pl. XXIII.)

Ces deux mémoires du savant entomologiste de Berlin traitent de quelques points importants de la morphologie des insectes orthoptères. On trouve dans le premier une étude comparée des organes buccaux des Libellulides et dans le second des observations sur les organes buccaux et sur la composition des derniers segments abdominaux chez les Némoures. Nous renvoyons aux descriptions détaillées et aux excellentes figures que donne l'auteur pour ce qui concerne ces différents sujets. Ici, nous nous bornerons à analyser les portions de ces deux travaux qui se rapportent à la présence des branchies chez les insectes adultes.

C'est en 1844 que Newport découvrit l'existence de branchies trachéennes chez un insecte parfait de la famille des Perlides, la *Pteronarcys regalis*. Il constata chez cette espèce la présence de treize paires de branchies en houppes, dont cinq paires dépendant du prosternum, trois se rattachant au mesosternum, trois au metasternum, et deux paires occupant les angles latéraux du premier et du second arceau ventral de l'abdomen. Il retrouva cette disposition chez les trois autres espèces de Pteronarcys qui lui étaient connues.

Depuis près de trente ans ces observations de l'illustre anatomiste anglais étaient restées isolées dans la science, et ce n'est que tout récemment que M. Gerstäcker a constaté dans d'autres insectes de la même famille la présence d'or-

ganes respiratoires semblables. Il a d'abord reconnu que ces branchies trachéennes existaient chez la *Pteronarcys reticulata*, Burm., ainsi que chez une espèce nouvelle (*Pt. frigida*) du Labrador, et qu'elles y étaient disposées comme chez la *Pt. regalis*. Il a ensuite découvert un second genre de Perlides qui, bien que très-voisin des Pteronarcys, a des branchies en nombre différent et autrement disposées. Ce type nouveau, auquel il a donné le nom de *Diamphipnoa*, manque complétement de branchies thoraciques et possède par contre quatre paires de branchies abdominales correspondant aux quatre premiers arceaux ventraux. Les stigmates abdominaux, au nombre de six paires dans les deux genres, sont grands chez les Pteronarcys et très-petits chez les Diamphipnoa. La seule espèce connue du genre (*D. lichenalis*) provient du Chili et a les dimensions d'une des plus grandes Pteronarcys connues.

Encouragé par cette découverte, M. Gerstäcker s'est demandé si l'on ne trouverait pas des organes semblables chez les Perlides d'Europe, et il a cherché quels seraient les types dans lesquels on aurait le plus de chance de voir ces branchies persister dans l'état adulte. Or, les belles observations de Pictet sur les larves des Perlides ont montré que certaines larves de Némoures ou de genres très-voisins possèdent des branchies cylindriques au nombre de trois paires situées au bord antérieur du prosternum, tandis que d'autres espèces, proches parentes de celles-ci, n'ont pas de traces de ces organes. Ce naturaliste avait reconnu aussi que chez les *Perla* certaines larves manquent complétement de branchies, tandis que d'autres ont ces organes en forme de houppes et situés là où seront plus tard les stigmates thoraciques. D'après ce que l'on sait sur les différentes larves de Perlides connues jusqu'à ce jour, on peut les répartir dans les trois catégories suivantes :

a. Larves sans branchies.

b. Larves ayant six branchies en houppes correspondant par leur position aux futurs stigmates thoraciques.

c. Larves ayant six branchies cylindriques insérées au bord antérieur du prosternum, loin des stigmates thoraciques.

On pouvait être à peu près certain que les insectes, dont les larves rentrent dans la première catégorie, n'ont pas de branchies à l'état adulte. Il n'y avait guère plus de probabilité d'en trouver chez ceux dont les larves appartiennent à la seconde catégorie. C'était seulement dans les insectes provenant des larves de la troisième que l'on avait des chances de retrouver ces organes à l'état parfait.

M. Gerstäcker a constaté, en effet, que celles de nos Perlides d'Europe qui possèdent à l'état larvaire des branchies prosternales, les présentent en même nombre, de même forme et dans la même position à l'état parfait. Il décrit et figure celles de la *Nemoura lateralis*, Pictet (♀ *N. nitida*, Pict.) qui forment de chaque côté une touffe composée de trois branches cylindriques divergentes terminées en cul-de-sac. Leur membrane d'enveloppe, très-mince et tout à fait transparente, porte de nombreux petits poils fins régulièrement disposés, naissant chacun dans une fossette arrondie. Dans chacun de ces sacs branchiaux, il pénètre un seul tronc trachéen relativement gros qui, après avoir donné une ou deux branches, se résout brusquement un peu après le milieu de la longueur en plusieurs petites trachées qui ne se subdivisent pas.

En outre de ces branchies, il existe trois stigmates thoraciques disposés de la manière normale, ainsi que sept stigmates abdominaux beaucoup plus petits.

M. Gerstäcker remarqua que ces Némoures, aussitôt après leur transformation, se posaient sur des mousses humides et y restaient assez longtemps, en appuyant sur ces plantes leur corps et surtout la région portant les branchies. Il en conclut d'abord que ces organes leur étaient nécessaires ou du moins

d'une certaine utilité pendant la première période de leur vie d'insecte parfait. Mais, depuis lors, il a observé que ces insectes, enfermés dans un vase sec pendant plusieurs jours, y vivaient bien et ne présentaient aucune modification dans leurs branchies. Il a vu aussi des espèces sans branchies avoir exactement les mêmes mœurs et les mêmes allures que les espèces à branchies.

Ces organes de respiration aquatique transmis de la larve à l'insecte parfait se trouvent aussi, mais à un état beaucoup plus rudimentaire, chez les espèces de *Perla*, dont les larves ont des branchies en forme de houppes correspondant par leur insertion aux futurs stigmates thoraciques. M. Gerstäcker a découvert, en effet, au bord postérieur des trois paires thoraciques de stigmates des *Perla marginata* et *cephalotes*, trois très-petites plaques chitineuses, se séparant par leur bord libre de la membrane du corps qui les entoure et munis à leur périphérie de nombreux filaments mous relativement courts. Ces organes atrophiés n'ont évidemment plus de fonction respiratoire. Ils manquent complétement aux espèces qui n'ont pas de branchies thoraciques en touffes.

Il est fort probable que l'on trouvera encore, soit dans la famille des Perlides, soit dans quelques autres familles voisines, des insectes parfaits pourvus de branchies plus ou moins développées. M. Gerstäcker pense que l'on devrait examiner à ce point de vue les Éphémères, insectes très-délicats chez lesquels ces organes auraient pu échapper aux habiles observateurs qui se sont occupés de cette famille. Il signale aussi certaines Phryganides dont les chrysalides ont encore des branchies trachéennes.

Ce sujet est bien digne d'attirer l'attention, car l'existence de ces branchies présente de l'intérêt, non-seulement au point de vue anatomique et physiologique, mais encore comme indice généalogique. L'ordre des Orthoptères semble avoir été la souche d'où sont sorties toutes les formes plus

compliquées d'insectes. La structure simple des diverses régions du corps chez certains de ses représentants, l'absence fréquente d'ailes, la simplicité des antennes souvent filiformes ou sétacées, la fissure longitudinale de la lèvre inférieure dans laquelle on reconnaît facilement une seconde paire de maxilles soudées sur la ligne médiane, tous ces caractères et quelques autres moins importants doivent faire regarder ce groupe d'insectes comme étant celui qui se rapproche le plus de l'état primordial. Cette opinion est encore appuyée par le fait que les Orthoptères sont les plus anciens insectes connus à l'état fossile. Parmi eux les Perlides sont à leur tour une des familles qui présentent la plus grande indifférence morphologique, et l'on peut la regarder comme la plus simple parmi les insectes ailés. Il est donc fort intéressant de retrouver dans ces organes branchiaux des témoins d'un état antérieur qui ne s'est modifié que graduellement.

Aux arguments que M. Gerstäcker fait valoir pour considérer les Orthoptères comme représentant un des types d'insectes les plus anciens, l'on pourrait ajouter, ce nous semble, le fait que ce sont eux qui fournissent le passage entre les Hexapodes et les Myriapodes. Comme l'a fort bien montré Menge, la *Scolopendrella immaculata*, malgré ses douze paires de pattes, montre des affinités encore plus nombreuses et plus grandes avec les *Campodea* qu'avec les Chilopodes. C'est une forte preuve en faveur de l'antiquité relative des Orthoptères que de trouver dans ce groupe une approche aux Myriapodes dont les autres insectes s'éloignent tellement. L'on sent qu'ils sont encore près du tronc commun qui a donné naissance à deux des grands rameaux de l'embranchement des Arthropodes. A.H.

Dr Ranvier. Du spectre musculaire. (*Académie des Sciences,* 1er juin. — *Société de Biologie,* 30 mai 1874.)

M. le Dr Ranvier décrit dans ces deux notes un fait nouveau : le spectre produit par les muscles striés volontaires qui seuls lui ont offert ce phénomène, et tire de ce fait quelques applications à la spectroscopie du sang et à la structure de ces muscles.

Pour observer le spectre des muscles, l'auteur étend sur une lame de verre un ou deux faisceaux secondaires d'un muscle de lapin ou de grenouille. Ces parties sont convenablement étalées sans addition d'aucune liqueur et recouverts d'une lamelle de verre dont les bords sont ensuite lutés avec de la paraffine pour prévenir l'évaporation. Il suffit alors de se placer au fond d'un appartement dont on a fermé les volets de manière à ne laisser pénétrer la lumière que par une fente. La préparation de muscle est placée au-devant et très-près de l'œil de l'observateur, les faisceaux primitifs étant orientés de telle sorte que leur axe longitudinal soit perpendiculaire à la fente formée par les volets de l'appartement. Il apparaît alors de chaque côté de cette fente un, deux ou trois spectres disposés symétriquement, et dont les premiers sont les plus brillants et les moins étendus.

Cette propriété du muscle dépend, pour M. Ranvier, de ses stries transversales qui agissent sur la lumière blanche comme les stries fines et rapprochées que les physiciens ont tracées sur des lames de glace.

M. Ranvier a fait construire un appareil qu'il nomme le myospectroscope, qui lui permet de se servir des préparations de muscles pour observer le sang d'une façon analogue à celle qui est usitée dans la spectroscopie généralement en usage. Il a pu observer ainsi les bandes d'absorption de l'hémoglobine.

A la suite de nombreuses observations, M. Ranvier est arrivé à prouver expérimentalement qu'il y a un rapport à peu près constant entre la longueur du spectre et le nombre des *sarcous-éléments* contenus dans une longueur déterminée. C'est, en effet, les stries de démarcation des *sarcous-éléments* qui jouent le rôle des espaces laissés entre les stries d'un réseau. Cette propriété permet, par conséquent, de déterminer, d'après le spectre d'un muscle, le nombre des *sarcous-éléments* contenus dans une longueur donnée, 1 millimètre, par exemple.

En observant directement un muscle couturier de grenouille dans divers états, en lui faisant subir une tension plus ou moins forte, en le soumettant à un courant induit produisant le tétanos, M. Ranvier a observé que le spectre était modifié dans sa longueur ou sa position ; mais dans tous ces cas différents, le muscle, qu'il soit en repos, en activité, ou dans tous les états intermédiaires entre le repos et la contraction la plus énergique, donne toujours des spectres. La striation transversale, contrairement à ce qui a été soutenu par Meckel, y existe donc dans toutes les phases physiologiques qu'il peut présenter. D^r^ P.

Dr JOLYET et T. BLANCHE. NOUVELLES RECHERCHES SUR LE PROTOXYDE D'AZOTE. (*Archives de Physiologie*, Paris, 1873, page 364.)

Depuis la découverte du protoxyde d'azote par Priestley, en 1776, de nombreuses expériences ont été faites touchant l'action physiologique de ce gaz, et les opinions les plus contradictoires ont été émises sur ce sujet.

Le gaz protoxyde d'azote entretient-il, au moins pendant quelque temps, la respiration des plantes et des animaux ? Ce gaz jouit-il de propriétés anesthésiques ou autres pouvant

être utilisées en médecine ? Telles sont les questions qui ont été débattues et qu'on a cru pouvoir résoudre, tantôt par l'affirmative, tantôt par la négative.

MM. Jolyet et Blanche reprennent cette question *ab ovo*, et arrivent par des recherches positives à des conclusions qui sont d'autant plus intéressantes à signaler que l'on a fait depuis quelques années, surtout dans l'art dentaire, un véritable abus d'un agent qui est loin d'être sans danger.

Nous ne pouvons analyser en détail les expériences de MM. Jolyet et Blanche, qui ont soumis des végétaux et des animaux à l'influence du protoxyde d'azote et qui ont fait de nombreuses analyses du sang des animaux en expérience, en notant rigoureusement les symptômes qu'ils présentaient.

Ces auteurs arrivent aux conclusions suivantes :

« Le protoxyde d'azote chimiquement pur ne peut entre- « tenir la respiration des animaux, non plus que celle des « végétaux, la combustion dans laquelle consiste la respira- « tion n'étant pas assez énergique pour décomposer le gaz « protoxyde d'azote.

« Respiré pur par les animaux, le protoxyde d'azote est « donc un gaz asphyxiant qui amène la mort en produisant « tous les signes généraux de l'asphyxie par strangulation « ou par respiration de gaz inertes (azote ou hydrogène), et « à peu près dans le même temps.

« Respiré pur, si le protoxyde d'azote produit l'anesthésie, « c'est par privation d'oxygène dans le sang ; l'insensibilité « se montre lorsqu'il commence à n'y avoir plus dans le sang « artériel que 2 à 3 pour 100 d'oxygène. Le sang artériel est « alors très-noir et contient 30 à 40 pour 100 de protoxyde « d'azote.

« Les animaux peuvent vivre en respirant des atmosphères « artificielles de protoxyde d'azote et d'oxygène dans la pro- « portion des gaz de l'air, le protoxyde d'azote remplaçant

« l'azote sans présenter de troubles de la sensibilité. Le sang « artériel contient alors environ 30 à 35 pour 100 de prot« oxyde d'azote. Des oiseaux plongés dans une atmosphère « confinée semblable se comportent comme ceux placés dans « une cloche d'air de même capacité, et meurent après avoir « épuisé à peu près également l'oxygène des cloches et formé « autant d'acide carbonique.

« Le protoxyde d'azote étant un gaz irrespirable et ne « possédant pas les propriétés anesthésiques qu'on lui a at« tribuées, son emploi ne peut être que dangereux et doit, à « ce titre, être proscrit de la pratique médicale. » D^r P.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JUIN 1874.

Le 1er, à 6 h. soir, éclairs et tonnerres à l'Est; très-faible pluie.

4, à 4 $^3/_4$ h. après midi. éclairs et tonnerres à l'Est; un second orage éclate au Sud entre 6 et 7 h. du soir, et passe ensuite le long du Jura; très-faible averse à Genève.

5, de midi et demi à 3 h., éclairs et tonnerres à l'Ouest; très-faible averse à Genève.

7, à 5 $^3/_4$ h. soir, éclairs et tonnerres à l'Est.

8, à 5 $^3/_4$ h. soir, éclairs et tonnerres, l'orage est accompagné de violents coups de vent du SSO. et passe ensuite le long du Jura.

Du 12, à 6 h. soir, au 15 dans l'après-midi, forte bise; elle est même très-forte du 13 au soir au 15 au matin.

16, il a neigé sur les Voirons dans la nuit du 15 au 16.

17, rosée le matin.

18, de 7 $^1/_4$ à 8 h. du soir, éclairs et tonnerres au NO., l'orage passe le long du Jura; éclairs toute la soirée.

19, rosée le matin; à 5 $^1/_4$ h. éclairs et tonnerres au Sud, l'orage passe du SO. au NE. et atteint sa plus grande intensité à Genève à 6 $^1/_4$ h., forte averse à ce moment.

21, forte rosée le matin; à 5 $^1/_2$ h. soir, éclairs et tonnerres au SO., l'orage passe le long du Jura. Un second orage éclate à 8 h. soir, au SO., éclairs et tonnerres jusqu'à 10 $^1/_2$ h.

22, de 5 $^1/_4$ à 6 h. matin, éclairs et tonnerres; à 5 $^1/_2$ h. deux fortes décharges accompagnées d'une violente averse.

23, forte rosée le matin, léger brouillard à 6 h. matin.

24, à 4 h. après midi, éclairs et tonnerres au SO.

30, rosée le matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM

	mm
Le 1er à 8 h. matin	734,23
4 à 8 h. matin	735,46
8 à 8 h. soir	732,60
18 à 6 h. matin	730,68
23 à 6 h. matin	729,42
25 à 6 h. matin	729,87

MINIMUM.

	mm
Le 2 à 4 h. après midi	729,56
7 à 4 h. après midi	725,73
14 à 4 h. après midi	724,80
22 à 6 h. matin	718,03
24 à 2 h. après midi	725,37
28 à 6 h. matin	719,93

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minim.	Fract. de saturation en millièmes. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0	0	cm
1	733,45	+ 7,37	+20,09	+ 4,85	+12,7	+27,9	9,04	—0,04	550	—162	270	730	0,2	1	variable	0,56	13,8	+ 0,5	120,0
2	730,94	+ 4,81	+20,15	+ 4,79	+14,5	+27,1	10,24	+1,10	610	—101	350	860	...	...	variable	0,36	15,5	+ 2,1	125,6
3	731,62	+ 5,44	+19,98	+ 4,50	+12,1	+24,9	9,36	+0,16	551	—160	340	770	...	...	N. 1	0,20	15,8	+ 2,3	126,6
4	734,85	+ 8,62	+21,49	+ 5,89	+14,1	+28,8	10,42	+1,16	571	—139	300	800	0,3	1	N. 1	0,46	17,8	+ 4,2	124,7
5	731,95	+ 5,67	+20,30	+ 4,58	+13,9	+27,1	10,97	+1,65	634	— 75	410	830	0,2	1	N. 1	0,33	16,7	+ 3,0	126,7
6	728,01	+ 1,68	+20,33	+ 4,49	+14,0	+26,8	12,02	+2,64	685	— 24	470	880	..	...	N. 1	0,39	18,8	+ 5,0	128,6
7	726,80	+ 0,42	+21,84	+ 5,88	+15,6	+29,9	10,51	+1,07	554	—154	370	720	...	...	NNO. 1	0,49	—	—	127,0
8	729,60	+ 3,17	+20,31	+ 4,23	+16,2	+26,2	11,30	+1,80	679	— 29	440	970	5,2	3	NNE. 1	0,68	19,2	+ 5,1	135,2
9	731,68	+ 5,20	+20,83	+ 4,63	+13,9	+29,1	12,75	+3,20	710	+ 3	380	930	...	...	N. 1	0,36	20,6	+ 6,4	138,8
10	730,97	+ 4,44	+24,07	+ 7,76	+15,7	+31,0	11,45	+1,85	545	—161	280	810	...	...	variable	0,30	19,8	+ 5,5	139,0
11	729,82	+ 3,25	+23,29	+ 6,87	+17,7	+29,9	10,23	+0,58	515	—191	300	790	...	...	N. 1	0,06	20,7	+ 6,3	143,8
12	727,05	+ 0,44	+20,57	+ 4,04	+13,8	+25,9	10,55	+0,85	599	—106	380	750	...	...	N. 1	0,22	21,7	+ 7,2	146,7
13	727,28	+ 0,63	+14,90	— 1,74	+13,1	+19,4	7,17	—2,58	638	— 66	480	930	...	...	NNE. 2	0,54	20,8	+ 6,2	151,5
14	725,62	— 1,07	+12,51	— 4,23	+ 9,1	+16,3	7,01	—2,79	655	— 49	400	810	...	...	NNE. 3	0,39	—	—	155,0
15	727,00	+ 0,27	+ 8,51	— 8,33	+ 7,0	+13,0	6,55	—3,30	815	+112	520	970	2,2	8	NE. 2	1,00	16,7	+ 1,9	156,2
16	728,29	+ 1,52	+11,63	— 5,31	+ 7,2	+16,8	6,40	—3,49	652	— 50	380	900	...	..	SSO. 1	0,71	17,6	+ 2,7	151,3
17	729,80	+ 2,98	+12,08	— 4,96	+ 5,2	+18,2	7,79	—2,14	714	+ 13	460	870	1,8	4	variable	0,77	16,8	+ 1,8	149,0
18	729,94	+ 3,08	+16,58	— 0,56	+10,7	+22,5	11,09	+1,12	790	+ 90	570	970	2,4	4	N. 1	0,44	16,7	+ 1,6	149,8
19	729,60	+ 2,69	+19,38	+ 2,15	+13,9	+28,8	11,92	+1,91	739	+ 40	360	920	12,1	1	variable	0,41	18,0	+ 2,8	149,5
20	727,91	+ 0,96	+20,20	+ 2,88	+12,1	+27,1	11,57	+1,52	675	— 23	370	860	...	...	variable	0,40	17,6	+ 2,3	146,6
21	723,20	— 3,80	+18,25	+ 0,84	+14,5	+22,9	11,70	+1,61	757	+ 60	610	800	0,7	1	N. 1	0,63	—	—	150,0
22	721,82	— 5,22	+14,31	— 3,19	+13,9	+18,6	10,60	+0,47	889	+193	650	990	17,6	9	SO. 1	0,96	18,4	+ 2,9	151,5
23	728,31	+ 1,22	+16,02	— 1,56	+ 8,9	+22,0	9,49	—0,68	711	+ 16	380	970	...	...	N. 1	0,24	17,8	+ 2,2	153,5
24	726,76	— 0,37	+17,62	— 0,04	+10,3	+26,0	9,51	—0,70	661	— 33	340	940	6,3	5	SO. 1	0,63	18,2	+ 2,5	155,5
25	728,92	+ 1,74	+15,34	— 2,40	+12,2	+20,6	6,91	—3,34	566	—127	330	720	...	...	SSO. 1	0,54	18,0	+ 2,2	157,0
26	725,08	— 2,14	+14,99	— 2,83	+11,6	+19,3	10,34	+0,06	815	+123	640	980	7,6	5	OSO. 1	1,00	16,0	+ 0,1	158,0
27	721,39	— 5,88	+15,06	— 2,84	+12,9	+18,0	10,47	+0,16	837	+146	690	910	17,3	6	variable	0,86	13,0	— 3,0	160,4
28	721,75	— 5,56	+12,90	— 5,07	+11,9	+16,7	9,40	—0,94	864	+174	680	990	17,0	16	SSO. 1	0,98	—	—	165,0
29	730,31	+ 2,96	+15,02	— 3,02	+12,2	+18,8	8,35	—2,02	679	— 10	480	860	3,0	3	NE. 1	0,71	11,9	— 4,3	168,0
30	732,27	+ 4,88	+17,93	— 0,18	+11,7	+23,4	10,39	—0,01	682	— 6	430	840	...	...	variable	0,37	12,1	— 4,2	173,0

MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1874.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	731,68	731,77	731,54	731,03	730,31	729,72	730,10	730,88	731,21
2e »	728,76	728,76	728,47	728,17	727,73	727,44	727,52	727,81	728,25
3e »	725,76	726,06	725,99	725,89	725,92	725,70	725,77	726,16	726,66
Mois	728,73	728,88	728,67	728,36	727,98	727,62	727,80	728,28	728,71
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+16,33	+19,88	+22,10	+24,44	+25,70	+26,61	+25,23	+21,62	+19,64
2e »	+13,03	+15,32	+17,17	+18,99	+19,99	+20,31	+18,73	+16,44	+14,98
3e »	+13,62	+15,29	+17,75	+18,24	+18,79	+18,99	+18,37	+15,92	+14,72
Mois	+14,33	+16,83	+19,01	+20,56	+21,49	+21,97	+20,78	+17,99	+16,45
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	10,94	10,68	10,92	10,25	10,56	10,66	10,37	11,61	11,62
2e »	8,84	9,03	9,04	8,55	8,59	9,10	9,49	9,38	9,31
3e »	9,73	9,75	9,74	9,37	9,37	9,79	9,39	10,32	10,36
Mois	9,84	9,82	9,90	9,49	9,50	9,85	9,75	10,44	10,43
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	791	619	554	460	443	415	435	612	686
2e »	769	672	600	533	508	531	605	677	754
3e »	836	756	646	605	599	609	608	766	829
Mois	799	682	600	533	517	518	549	685	756

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+14,27	+27,88	0,41	+17,56	5,9	129,22
2e »	+10,98	+21,79	0,49	+18,51	18,5	149,94
3e »	+12,01	+20,63	0,69	+15,67	69,5	159,19
Mois	+12,42	+23,43	0,53	+17,31	93,9	146,12

Dans ce mois, l'air a été calme 2,2 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,74 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 3°,5 O., et son intensité est égale à 34,51 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUIN 1874.

Le 1er, fort vent du SO. dans l'après-midi.
4, à midi, orage avec grêle et pluie.
9, à 11 h. matin, orage avec tonnerres et grêle pendant une demi-heure.
13, brouillard dans la soirée.
14, brouillard et neige presque tout le jour.
15, brouillard intense tout le jour.
16, brouillard le matin et le soir.
17, brouillard intense tout le jour.
18, brouillard le matin et le soir.
21, à 7 h. du soir, très-forte grêle pendant un quart d'heure avec un seul coup de tonnerre.
22, brouillard et pluie tout le jour; dans la nuit du 22 au 23 le lac a été entièrement débarrassé de la glace.
25, pluie et brouillard le matin, clair le soir.
26, pluie et brouillard presque tout le jour.
27, id. id.
28, id. id.
29, brouillard le matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à 10 h. matin	574,43	Le 2 à 10 h. soir	572,44
4 à 2 h. après midi	577,29	6 à 6 h. soir	570,31
9 à 10 h. soir	573,89	15 à 6 h. matin	559,20
18 à 8 h. soir	572,12	22 à 8 h. matin	560,12
23 à 10 h. soir	568,41	28 à 8 h. matin	560,17
30 à 10 h. soir	572,66		

SAINT-BERNARD. — JUIN 1874.

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.		
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim			
1	573,90	+ 8,22	572,87	574,43	+ 6,67	+ 4,06	+ 4,4	+10,7	.....	.....	....	SO. 2	0,54
2	572,76	+ 6,99	572,44	573,08	+ 4,93	+ 2,14	+ 2,9	+ 7,5	.....	.....	....	SO. 2	0,53
3	573,70	+ 7,84	572,80	575,09	+ 7,50	+ 4,60	+ 3,5	+12,6	.....	.....	....	SO. 1	0,11
4	576,73	+10,79	576,10	577,29	+ 7,26	+ 4,25	+ 5,2	+11,4	.....	3,0.	...	calme	0,64
5	573,31	+ 7,29	571,94	574,49	+ 9,37	+ 6,25	+ 7,5	+14,7	.....	.....	....	NE. 1	0,80
6	570,69	+ 4,58	570 31	571,11	+ 9,24	+ 6,01	+ 6,5	+12,4	.....	.....	....	NE. 1	0,18
7	570,96	+ 4,77	570,33	571,79	+ 7,86	+ 4,52	+ 5,1	+12,4	.....	11,2.	....	SO. 1	0,70
8	572,23	+ 5,96	571,40	572,69	+ 8,72	+ 5,27	+ 6,7	+11,3	.....	.....	....	variable	0,71
9	573,18	+ 7,13	573,01	573,91	+ 8,57	+ 5,02	+ 5,8	+11,6	.....	.....	....	NE. 1	0,48
10	573,36	+ 6,93	572,80	573,82	+10,00	+ 6 35	+ 7,4	+15,0	.....	.....	....	NE. 1	0,74
11	571,49	+ 4,98	570,41	572,21	+ 8,91	+ 5,16	+ 7,0	+12,0	.....	.....	....	NE. 1	0,46
12	568,67	+ 2,08	567,89	569,21	+ 7,72	+ 3,87	+ 5,7	+10,5	.....	.....	....	NE. 1	0,54
13	565,26	— 1,41	563,94	566,54	+ 5,73	+ 1,78	+ 2,0	+10,8	.....	.....	....	NE. 1	0,63
14	562,03	— 4,72	561,82	562,33	— 2,53	— 6,57	— 4,0	+ 0,8	200	18,7.	....	NE. 1	0,92
15	561,03	— 5,79	559,20	562,53	— 4,72	— 8,85	— 5,8	— 2,2	.....	....	....	NE. 2	1,00
16	564,28	— 2,62	562,61	565,78	— 1,30	— 5,52	— 5,6	+ 1,5	.....	.....	....	NE. 1	0 90
17	568,28	+ 1,31	566,61	569,80	— 1,07	— 5,38	— 3,0	+ 1,0	.....	.....	....	SO. 1	1,00
18	571,38	+ 4,34	570,95	572,12	+ 5,21	+ 0,81	+ 1,8	+ 8,8	. ...	.....	....	SO. 1	0,78
19	571,12	+ 4,01	570,35	571,57	+ 8,71	+ 4,22	+ 5,4	+13,0	.....	.....	....	SO. 1	0,49
20	569,06	+ 1,88	567,60	569,81	+ 7,59	+ 3,01	+ 5,4	+10,5	.....	.....	....	NE. 1	0,47
21	565,81	— 1,44	563,62	567,11	+ 8,11	+ 3,45	+ 4,9	+12,0	... .	.....	....	SO. 1	0,50
22	562,13	— 5,19	560,12	565,53	+ 1,53	— 3,21	+ 1,3	+ 5,8	.....	21,0.	....	NE. 2	1,00
23	567,71	+ 0,32	565,32	568,41	+ 4,65	— 0,17	— 0,4	+ 8,6	....	.....	....	NE. 1	0,28
24	567,58	+ 0,13	566,82	568,09	+ 5,44	+ 0,54	+ 1,8	+ 9,9	.....	10,7.	....	SO. 1	0,89
25	566,01	— 1,50	565,82	566,25	+ 1,31	— 3,67	— 0 1	+ 4,8	.....	9,3.	....	NE. 1	0,58
26	565,22	— 2,35	564,91	565,62	+ 2,82	— 2,23	+ 1,4	+ 5,4	.. ..	20,8.	....	SO. 1	0,97
27	562,70	— 4,93	561,74	563,33	+ 2,05	— 3,07	+ 1,8	+ 4,1	.....	26,6.	....	SO. 2	0,93
28	564,36	— 6,33	560,17	562,88	+ 1,57	— 3,62	— 0,2	+ 5,6	.....	22,0.	....	variable	0,76
29	567,27	— 0,48	565,12	568,88	+ 0,46	— 4,80	— 0,4	+ 2,6	.....	....	....	NE. 1	0,71
30	571,19	+ 3,38	569,11	572,66	+ 5,27	— 0,06	+ 3,7	+ 8,8	.....	.....	....	NE. 2	0,44

* Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1874.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	573,01	573,19	573,27	573,20	573,18	573,15	573,08	573,04	573,14
2e »	567,13	567,23	567,30	567,37	567,39	567,33	567,20	567,31	567,32
3e »	564 97	565,26	565,43	565,61	565,72	565,97	566,03	566,22	566,32
Mois	568,37	568,56	568,67	568,73	568,76	568 81	568,77	568,86	568,93
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 6,11	+ 8,24	+10,31	+11,02	+11,00	+ 9,74	+ 8,38	+ 7,32	+ 6,93
2e »	+ 1 31	+ 4,22	+ 5,37	+ 6,24	+ 6,38	+ 5,12	+ 3,82	+ 2,60	+ 2,63
3e »	+ 2,09	+ 3,33	+ 3,80	+ 5,51	+ 6,32	+ 5,38	+ 4,30	+ 3,41	+ 2,63
Mois	+ 3,17	+ 5,26	+ 6,49	+ 7,59	+ 7,90	+ 6,75	+ 5,50	+ 4,44	+ 4,06

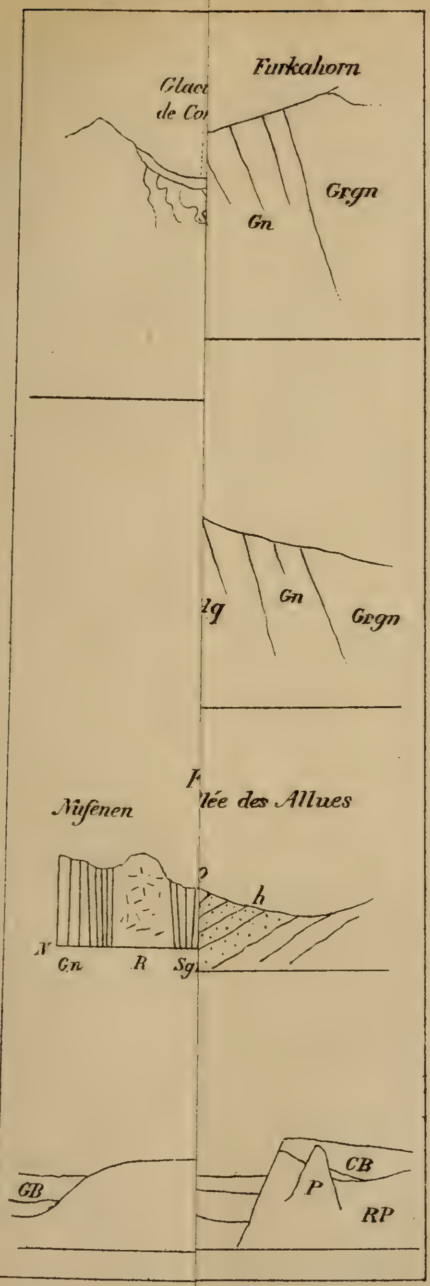
	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	+ 5,30	+11,96	0,54	14,2	—
2e »	+ 0,89	+ 6 67	0,72	18,7	200
3e »	+ 1,38	+ 6,76	0,71	110,4	—
Mois	+ 2,59	+ 8,49	0,66	143,3	200

Dans ce mois, l'air a été calme 8,9 fois sur 100.

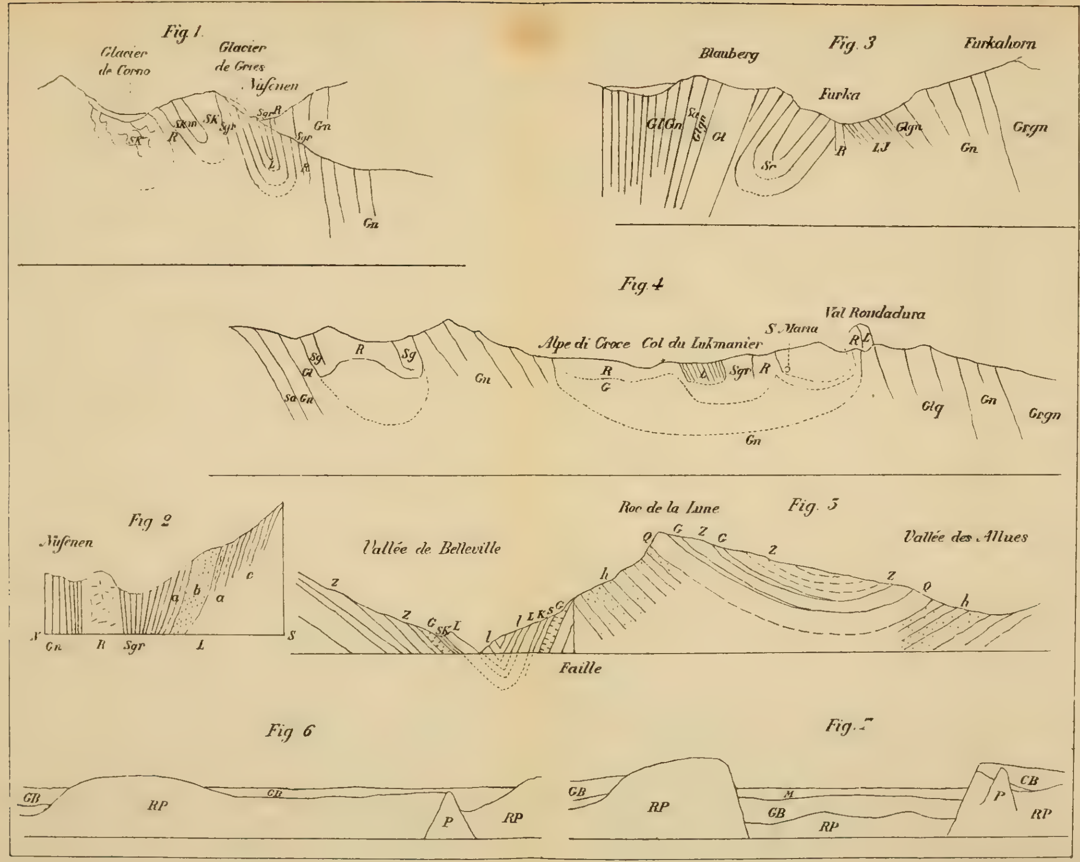
Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,52 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 22,2 sur 100.

* Voir la note du tableau.



Lith. F. Noverraz, Genève



Lith. F. Noverraz, Genève

REVUE GÉOLOGIQUE SUISSE

POUR L'ANNÉE 1873

PAR

M. ERNEST FAVRE

(Suite et fin.)

Terrains crétacés. La limite entre les terrains jurassiques et crétacés, dans les dépôts de l'Europe centrale, doit être placée, d'après M. Sandberger [1], entre les couches de Purbeck et les sables de Hastings. Tandis que, dans le Jura suisse, le Purbeck est recouvert en stratification concordante par le terrain néocomien inférieur (valanginien à *Toxaster Campichei*) et que les sables de Hastings et l'argile de Weald y font défaut, ces dernières formations sont recouvertes, dans le nord de l'Allemagne, par le terrain néocomien moyen à *Belemnites subquadratus* et *Toxaster complanatus*. On doit donc les considérer comme un faciès d'eau douce du terrain crétacé inférieur.

M. Baltzer [2] a distingué les subdivisions suivantes dans le terrain crétacé du Glærnisch :

Calcaire de Seewen.	
Cénomanien.	Calcaire identique au calcaire à caprotines.
Gault.	
Urgonien	Calcaire à caprotines supérieur. Couches à orbitolines. Calcaire à caprotines inférieur.
Néocomien. Couches du Drusberg . . .	Couches noduleuses (Kaufmann). Toxaster complanatus, Exogyra Couloni.
Valanginien.	Altmannsschichten. Couches à Pygurus rostratus et Neithea Valenginiensis. Calcaire siliceux (Kieselkalk).

[1] Land- und Süsswasser-Conchylien, 1870.

[2] Der Glærnisch.

M. DE HAUER[1] a donné le tableau suivant des terrains crétacés des Alpes autrichiennes :

	Alpes autrichiennes. (Nord). *Facies occidental.*	*Facies oriental.*	(Sud).
TURONIEN ET SÉNONIEN.	Marnes de Seewen. Calcaire de Seewen.	Couches du Nierenthal. Couches de Gosau { marnes à inocérames. calcaire à orbitolites. grès et marne avec houille. calcaire à hippurites. conglomérat. }	Scaglia. Conglomérat de Sirone. Calcaire à radiolites et hippurites.
GAULT.	Gault du Vorarlberg.		
NÉOCOMIEN.	Schrattenkalk. Calcaire à Spatangues.		
	Couches de Rossfeld. Couches de Schrambach. Couche à Toxaster Campichei.		Macigno (partim). Majolica et Biancone.

[1] Geol. Uebersichtskarte der œsterr. Mon., feuille XII.

M. P. de Loriol[1] a terminé la description des Échinides des terrains crétacés de la Suisse, qui fait suite à l'Échinologie helvétique (oursins jurassiques) publiée par lui en collaboration avec M. Desor. Cet ouvrage contient la description de 168 espèces d'Échinides avec 33 planches d'excellentes figures. Ces fossiles se répartissent de la manière suivante :

Total.	Spéciales.	Étages.	Localités.
4	4	Sénonien.	Calcaire de Seewen (Alpes).
8	1	Rothomagien (cénomanien inférieur).	Jura, Alpes.
13	5	Vraconnien (gault supér.).	Jura, Alpes.
19	10	Albien (gault inférieur).	Jura, Alpes.
16	12	Aptien proprement dit (aptien supérieur).	Jura.
22	14	Rhodanien (aptien infér.).	Jura, Alpes.
44	21	Urgonien.	Jura, Alpes (Schrattenkalk).
39	15	Néocomien proprement dit (néocomien moyen).	Jura, Alpes, Salève.
11	11	Néocomien alpin.	Châtel St-Denis, Justithal, etc.
52	32	Valangien.	Jura, Salève.

Les étages crétacés inférieurs sont reliés par un grand nombre d'espèces communes. L'aptien supérieur a une faune qui lui est presque spéciale ; il possède seulement trois espèces communes à des étages inférieurs et une commune au gault ; le gault inférieur a, au contraire, beaucoup de fossiles communs avec les étages suivants. L'étude des Échinides vient donc confirmer la présence d'une ligne de démarcation bien tranchée dans les faunes crétacées de la Suisse entre l'aptien et le gault. Elle confirme aussi l'union intime qui existe, aussi bien stratigraphi-

[1] Matériaux pour la paléontologie suisse, VIme série. Description des Échinides des terrains crétacés de la Suisse, 1873. La planche I de ce travail est consacrée à un supplément aux oursins jurassiques.

quement que paléontologiquement, entre les terrains urgonien et aptien inférieur. M. de Loriol se range à l'opinion, adoptée par beaucoup de géologues, que les marnes à orbitolines ne sont qu'un faciès du terrain urgonien et qu'il faut laisser aux marnes à plicatules le nom d'étage aptien proprement dit.

Terrain néocomien. M. GILLIÉRON[1] a décrit le terrain crétacé des Alpes de Fribourg. Dans les chaînes du Ganterist et du Stockhorn, le terrain néocomien à faciès alpin a succédé au terrain jurassique sans interruption dans la sédimentation et leur limite est difficile à reconnaître. Il ne s'est pas déposé dans la chaîne du Simmenthal, et se présente avec des caractères différents de ceux des chaînes précédentes dans le massif du Monsalvens ; il y a eu émersion des couches jurassiques avant l'époque néocomienne pendant laquelle des faunes de l'Europe centrale sont venues faire invasion dans cette partie de la région alpine. M. Gilliéron distingue dans ce terrain, de haut en bas :

Calcaire noir.
Calcaire oolitique (faciès jurassien).
Néocomien bleu.
Couches à Belemnites latus.
Calcaire à Ostrea (faciès jurassien).
Couches de Berrias.

M. M. DE TRIBOLET[2] a donné un catalogue des fossiles du terrain néocomien de Neuchâtel. Il divise ce terrain en néocomien inférieur ou couches de Hauterive, et néocomien supérieur ou couches de Neuchâtel, et indique les passages des espèces soit au terrain valangien soit aux terrains urgonien et aptien. Les espèces énumérées sont au nombre de 336 dont 273 mollusques.

[1] Matériaux pour la carte géol. de la Suisse, XII.
[2] Vierteljahrsschrift. Zurich, 1873.

M. Desor[1] a donné quelques renseignements sur le calcaire jaune siliceux qui forme la base du terrain néocomien des environs de Neuchâtel et qui est exploité maintenant près de cette ville au crêt Taconnet.

Terrain crétacé supérieur. Il est très pauvre en fossiles dans les Alpes fribourgeoises où il est formé de calcaires schisteux blancs et rouges. Sa présence a été constatée par M. Gilliéron[2] dans la partie supérieure du massif du Niremont où il a trouvé

Micraster breviporus Ag.
Cardiaster Gillieroni de Lor.
Inoceramus Brongniarti Sow.,

au Monsalvens, dans les chaînes du Ganterist, du Stockhorn et du Simmenthal où il renferme des dents de squalides et des foraminifères.

M. Ooster[3] a contesté l'âge éocène que j'ai attribué, d'après des raisons stratigraphiques, aux schistes qui reposent sur le terrain nummulitique des Ralligstöcke et que j'ai nommés schistes de Merligen. Outre les fossiles qu'il a décrits dans sa monographie de ce terrain, il signale dans ces schistes quelques espèces crétacées qu'il a retrouvées dernièrement dans le musée de Berne. Si ces fossiles proviennent réellement de ces couches, il faut chercher une explication de la position si anomale de ces schistes au-dessus de la formation nummulitique.

M. Redtenbacher[4] a décrit 57 espèces de céphalopodes des couches de Gosau des Alpes autrichiennes; 50 d'entre elles sont nouvelles et 7 caractérisent l'étage sé-

[1] Bull. de la Société de Neuchâtel, 1873, 356.

[2] Matériaux pour la carte géol. suisse, XII.

[3] Neues Jahrb. für Miner., 1873, 167. Voyez Revue pour 1872.

[4] Die Cephalopodenfauna der Gosauschichten in den nordöstlichen Alpen. Abhandl. der k. k. geol. Reichsanst., V, 1873. Extr. Verhandl., 1873, 36.

nonien de diverses contrées de l'Europe. L'auteur en conclut que la couche à céphalopodes et les couches supérieures (couches à inocérames, *I. Cripsii,* et banc à foraminifères) appartiennent au terrain sénonien et qu'il ne faut pas ranger l'ensemble des couches de Gosau dans le terrain turonien, comme plusieurs auteurs l'avaient fait antérieurement. La description de ces fossiles est accompagnée de neuf belles planches.

Terrains cénozoïques,

TERRAINS TERTIAIRES. M. SANDBERGER[1] a donné un tableau des formations éocènes du bassin de Paris et du bassin méditerranéen. Il classe les couches nummulitiques d'Einsiedeln, d'Iberg, etc., dans l'éocène inférieur, le grès du Pilate, le calcaire nummulitique d'Interlaken, du Sentis, etc., le grès des Ralligstöcke, le grès du Gurnigel dans l'éocène supérieur, et le flysch dans l'oligocène en plaçant ces divers terrains en regard des autres formations correspondantes du bassin méditerranéen.

M. DE HAUER[2] donne le tableau suivant des terrains éocènes des Alpes autrichiennes :

	Alpes septentrionales.		Alpes méridionales.
Éocène supérieur (Oligocène)	Couches de Hæring. Couches de Reit im Winkel.	Flysch et grès de Vienne (partim).	Groupe de Castel-Gomberto. Couches de Laverda. Couches de Sangonini. Couches de Crosara. Couches à Bryozoaires.
Éocène inférieur.	Couches du Kressenberg. Couches du Burgberg.		Groupe de Priabona. Couches de Ronca, Bolca, St-Giov. Illarione, etc. Tuf de Spilecco.

[1] Land- und Süsswasser-Conchylien, 1871, 112.
[2] Geol. Uebersichtskarte der œsterr. Mon.

M. DE REUSS [1] a terminé la description paléontologique des Anthozoaires et des Bryozoaires des terrains tertiaires du Vicentin. La faune de Castel-Gomberto, semblable à celle de Gaas dans le midi de la France, appartient à l'oligocène supérieur et lui a fourni 96 espèces; celle de Sangonini (6 espèces) rappelle surtout celle de l'oligocène d'Allemagne. La faune de Crosara (52 sp.) a 16 espèces communes avec celle de Castel-Gomberto; celle de S. Giovanni-Illarione a fourni 35 espèces de coraux; celle des tufs de Ronca seulement 8 espèces; ces deux dernières faunes ont un type éocène; elles ont une grande ressemblance avec le terrain éocène de Paris, de Nice et des Pyrénées; mais l'étude des mollusques et des nummulites pourra seule indiquer leur place définitive dans cette formation.

M. GUMBEL [2] a publié une note sur l'abondance extraordinaire de foraminifères (Globigerines, Plécanies, Cristellaires et Rotalines) contenues dans certaines couches marneuses (Stockletten) du terrain éocène du Kressenberg qu'on regardait jusqu'à aujourd'hui comme dépourvues de fossiles. Ces couches renferment aussi une quantité immense de coccolithes.

Les formations tertiaires du Glærnisch se composent du calcaire nummulitique (parisien) dans lequel M. BALTZER [3] a recueilli :

Nummulina intermedia d'Arch.
exponens Sow.
Cardium semistriatum Desh.
Spondylus subspinosus d'Arch.
Pecten suborbicularis Munst.

et du flysch (ligurien) avec des fucoïdes.

[1] Palæontologische Studien über die ælteren Tertiärschichten der Alpen, III. Denkschr. der k. Akad. d. Wissensch., 1873, XXIII.

[2] Neues Jahrb., 1873, 302.

[3] Der Glærnisch.

M. SANDBERGER[1] a décrit la faune du calcaire d'eau douce éocène des Ralligstöcke. Ces fossiles se trouvent dans un calcaire noir, associé à du lignite, qui forme la base du calcaire nummulitique contemporain des sables moyens du bassin de Paris. Il est probablement de l'époque du calcaire grossier, mais la mauvaise conservation d'un grand nombre des fossiles ne permet pas une détermination rigoureuse de l'âge de ce dépôt. M. Sandberger décrit et figure les espèces suivantes :

Neritina Fischeri Brunn.
Melania alpina May.
Melanopis carinata Sow.
Limneus longiscatus Brard var. ?
Planorbis goniobasis Sandb. var.?
Helix Rutimeyeri May.
Cyclostomus sp. (operculum).

Cet auteur[2] classe le flysch des Alpes et des Carpathes dans l'oligocène inférieur. Les couches des Diablerets, de Gap, d'Entrevernes et des Alpes liguriennes (Cairo) qui contiennent la *Cyrena semistriata* et un grand nombre de fossiles communs au calcaire grossier, aux sables moyens et aux grès de Fontainebleau, représentent, d'après lui, tout l'oligocène moyen, tant qu'on n'aura pu y distinguer deux horizons dont l'inférieur correspondrait aux marnes vertes du bassin de Paris, le supérieur à l'horizon de la *Natica crassatina*. M. Sandberger regarde l'Aquitanien (I *a-d*) de M. C. Mayer comme l'équivalent de son oligocène supérieur ; mais il classe dans le miocène les subdivisions supérieures (aquitanien I *e* et II) de cet auteur. Les couches saumâtres à *Cyrena semistriata* de Ralligen, de Saint-Sulpice près de Lausanne, d'Yverdon, de Hutwyl (Berne), de Horw et Winkel (Lucerne) appar-

[1] Land- und Süsswasser-Conchylien der Vorwelt, 1872, 247.
[2] Land- und Süsswasser-Conchylien, 1873, 278, 308, 333.

tiennent à l'oligocène supérieur. Ce terrain est nettement limité dans le bassin de Mayence par les calcaires d'eau douce avec *Cyclostomus antiquus, Helix Ramondi, H. osculum,* etc.; mais la limite est plus difficile à établir en Suisse à cause de la ressemblance des roches oligocènes et miocènes; cependant, on retrouve le même horizon caractérisé par l'*Helix Ramondi* à la Rochette (Vaud) et à Rufi (Saint-Gall).

M. Th. FUCHS [1] n'est pas d'accord avec l'opinion de M. Garnier [2] qui regarde les couches de Gap, de Faudon et des Diablerets comme inférieures aux couches à *Serpula spirulæa,* ce qui les ramène dans le terrain éocène inférieur, tandis qu'elles sont généralement regardées comme appartenant au terrain oligocène inférieur. Cet auteur ne considère pas les couches à orbitolites et à nummulites, supérieures aux couches à cérithes, comme l'équivalent de celles à *Serpula spirulæa*, mais comme oligocènes.

M. GARNIER [3] a continué ses études sur le terrain tertiaire des Basses-Alpes, dans les bassins de l'Asse, du Verdon et du Var. L'ordre de superposition des couches tertiaires dans ces deux dernières vallées est le suivant :

1. Flysch, calcaire à fucoïdes (éocène supérieur).
2. Couches à nummulites avec orbitoïdes, operculines et Serpula spirulæa (éocène moyen).
3. Couches sans nummulites, à Cérithes et Natica Vanpicana (éocène moyen).

Ces dernières appartiennent au même horizon que les couches des Hautes-Alpes et des Diablerets. Le flysch est

[1] Verhandl. g. Reichsanst., 1874, 57.
[2] Bull. de la Soc. géol. de France, 1872, XXIX, 484.
[3] Bull. de la Soc. géol. de France, 1872, XXIX, 692.

surmonté dans la vallée de l'Asse, 1° des argiles à lucines et à *Teredo Tournali* et des grès à *Natica semidecussata*, représentant la partie inférieure des sables supérieurs du bassin de Paris et les couches tongriennes de Castel-Gomberto dans le Vicentin; 2° des couches d'eau douce correspondant au tongrien supérieur et au calcaire de Beauce. L'auteur donne des coupes détaillées de cette région. Ces renseignements sont complétés par une étude de M. TOURNOUER[1] qui cherche à établir le parallélisme des dépôts tertiaires des Basses-Alpes soit avec le bassin de Paris, soit avec le Vicentin.

M. GILLIÉRON[2] a décrit en détail le flysch des Alpes fribourgeoises et les blocs exotiques qui y sont contenus.

M. DE MOJSISOVICS[3] a rapporté au terrain éocène (flysch) les schistes des Grisons (*Bündner-Schiefer*) du Prättigau, malgré les bélemnites qui y ont été trouvées et qui avaient engagé Théobald à les classer dans le lias. La présence de ces fossiles, constatée maintenant à diverses reprises dans le terrain éocène, ne peut plus fournir d'objection à ce classement motivé, soit par la nature des roches, soit par leur position géologique.

Dans le Vorarlberg et la principauté de Lichtenstein, le flysch paraît plonger sous les calcaires des Alpes; ce n'est pas le résultat d'un renversement des couches, mais celui d'une faille. Ailleurs, où le renversement existe en effet, on voit les roches nummulitiques et crétacées interposées entre le flysch et les roches plus anciennes.

[1] Bull. de la Société géol. de France, 1872, XXIX, 707.
[2] Matériaux pour la carte géol. de la Suisse, XII.
[3] Jahrb. k.k. g. Reichsanst., 1873, XXIII, 158, 174.

M. Forsyth Major[1] a donné une description des rongeurs du terrain sidérolitique du sud de l'Allemagne et de la Suisse. L'examen très détaillé de ces restes fossiles, accompagné de nombreuses figures, est complété par des recherches sur l'odontographie comparée des ongulés et des onguiculés. Ce travail, essentiellement paléontologique, fournit de nouveaux documents pour la connaissance des mammifères fossiles de la Suisse à laquelle MM. Rutimeyer et Pictet ont tant contribué. L'auteur s'écarte cependant sur plusieurs points des opinions émises par ces savants naturalistes.

M. Th. Fuchs[2] a combattu la classification, présentée par M. C. Mayer[3], du terrain tertiaire suisse dans ses rapports avec le tertiaire de l'Autriche. L'argile de Baden (étage tortonien), qui est tantôt supérieure, tantôt inférieure au calcaire de la Leitha, quelquefois même intercalée dans ce calcaire, appartient à la même époque que lui et non à une époque distincte, comme le croit M. Mayer. L'Helvétien de la Suisse correspond exactement en Autriche aux couches de Horn (étage méditerranéen inférieur) et non au calcaire de la Leitha (étage méditerranéen supérieur).

M. Sandberger[4] a donné un résumé de la composition du terrain miocène dans le Jura de la Suisse et de la Souabe. La série de ces terrains dans la première de ces régions est la suivante:

[1] Nagerüberreste aus Bohnerzen Süddeutschlands und der Schweiz. Paleontogr., XXII, 1873.

[2] Verhandl. g. Reichsanst., 1873, 178.

[3] Verzeichniss der Versteinerungen des Helvetian. (Voyez Revue pour 1872.)

[4] Neues Jahrb. für Miner., 1873, p. 575.

Sables à Dinothérium.
Miocène supérieur d'eau douce, marnes bigarrées et sables à Melania Escheri, Melanopsis Kleinii.
Dépôts marins ; couches à Ostrea crassissima (helvétien May.).
Calcaire d'eau douce à Helix Ramondi et rugulosa (coquilles terrestres de Hochheim, vertébrés d'Eckingen près Ulm).
Marnes bigarrées et marnes noires à Chara Meriani, Helix rugulosa.
Calcaires sableux et argiles à Natica crassatina, Ostrea callifera, cyathula, etc.

Les sables à *Dinotherium* que M. Greppin regarde comme inférieurs aux grès à *Ostrea crassissima,* développés dans le val de Tavannes, à Undervelier, etc. leur sont en réalité supérieurs. La série de ces terrains est beaucoup plus complète dans la Souabe.

M. F. Schalch[1] a décrit les éruptions de basalte et de phonolite du Höhgau, au nord de Schaffhouse; il en a publié une carte géologique. Les cônes de ces roches sont entourés de puissants dépôts de tufs qui proviennent d'éruption de cendres et de boue. Ces tufs renferment beaucoup de fragments de gneiss et de granit de la Forêt-Noire, arrachés à l'intérieur de l'écorce du globe et entraînés par l'éruption. Les tufs basaltiques contiennent des fragments de la nagelfluh jurassique et de la partie supérieure du grès coquillier; les tufs phonolitiques contiennent des coquilles de l'époque d'Œningen. Les éruptions basaltiques et phonolitiques sont à peu près contemporaines et datent de la fin de l'époque tertiaire; elles sont antérieures à l'époque glaciaire.

Terrain quaternaire. Le terrain quaternaire des environs de Berne se compose, d'après M. Bachmann[2],

[1] Actes de la Soc. helvét., 1873. Archives, octobre 1873.

[2] Der Boden von Bern. Prüfungsprogramm der Berner Kantonsschule für 1873.

de conglomérats solides ressemblant à la nagelfluh et formant la moraine profonde des anciens glaciers pendant leur accroissement, des alluvions glaciaires et des moraines déposées, pendant leur retrait, de l'alluvion des terrasses, du terrain glaciaire remanié et d'autres dépôts postglaciaires et modernes. Ce géologue donne une liste des diverses roches qu'on rencontre dans le terrain erratique déposé par l'ancien glacier de l'Aar. Il décrit aussi avec beaucoup de détails les divers dépôts glaciaires de cette région.

Les derniers volumes des Matériaux pour l'étude des glaciers par M. DOLLFUSS-AUSSET, dont la publication a été retardée par la mort de leur auteur, ont maintenant paru. Ils terminent ce vaste recueil dans lequel sont consignés des documents sur les glaciers actuels et anciens du monde entier, les observations météorologiques de l'auteur au Saint-Théodule, etc.

M. HEIM [1] a découvert à la surface de la mollasse des environs de Lucerne, sur la colline dans les flancs de laquelle a été sculpté le lion, des stries glaciaires dirigées N. N. O. et de nombreuses excavations nommées Marmites des géants. Ces excavations, qui sont remplies de terrain erratique, ont jusqu'à 3 mètres de profondeur.

M. BALTZER [2] a décrit le terrain glaciaire du massif du Glærnisch, et M. GILLIÉRON [3] celui de la partie septentrionale des Alpes fribourgeoises.

Nous devons à M. VOUGA [4] un travail sur le terrain quaternaire contenant des blocs erratiques et des cail-

[1] Ueber den Gletschergarten in Luzern.
[2] Der Glærnisch.
[3] Matériaux pour la carte géol. de la Suisse, XII.
[4] Bull. de la Société des Sciences de Neuchâtel, 1873, IX, 428.

loux striés et qui se trouve en un grand nombre de points du bassin de l'ancien glacier du Rhône, à Arnex, à Cortaillod, au-dessus d'Aubonne, etc. Ces dépôts se sont formés, d'après lui, dans de petits lacs dont les eaux étaient contenues par le glacier, comme celles du lac actuel de Mergelen (Valais). Ils occupent une vaste surface au pied du Jura et on les observe à une assez grande hauteur dans la partie inférieure des vallées de cette chaîne.

M. Desor [1] a publié une note sur les paysages morainiques. Il décrit ces paysages sur le versant méridional des Alpes et montre l'influence des anciens glaciers sur le caractère actuel du pays. Il constate les mêmes faits sur le versant nord et il en cite un exemple remarquable dans les environs d'Amsoldingen, près de Thoune, dont il donne une carte.

Les phénomènes glaciaires de la vallée de l'Etsch et de l'Inn ont été étudiés par M. Gumbel [2]; il signale en particulier les roches polies et striées du versant méridional des Alpes où elles s'élèvent à une grande hauteur au-dessus du fond de la vallée et les grandes masses de terrain glaciaire des environs de Botzen qui, par suite des érosions, présentent de hautes pyramides ou aiguilles de terre, surmontées de blocs plus ou moins considérables et rappellent les *Pyramides des Fées* qui se trouvent soit près de Saint-Gervais en Savoie, soit près d'Évolène dans le Valais.

M. Ch. Grad [3] a donné une description des formations

[1] Actes de la Société helvét. Schaffhouse, 1873.

[2] Gletschererscheinungen aus der Eiszeit. Sitzungsber. der Akad. d. Wiss. Munchen, 1873, 223.

[3] Description des formations glaciaires de la chaîne des Vosges en Alsace et en Lorraine, 1873.

glaciaires de la chaîne des Vosges en Alsace et en Lorraine. Contrairement à l'opinion de M. Hogard, il admet la superposition du terrain glaciaire vosgien à des alluvions fluviatiles. Ces alluvions anciennes qui contiennent l'*Elephas primigenius* et le *Bos priscus*, sont recouvertes dans l'intérieur des vallées par des dépôts glaciaires, dans la plaine et à l'entrée de ces vallées par un lehm contemporain de ces dépôts ; celui-ci renferme les ossements des deux espèces signalées plus haut, des coquilles fluviatiles et terrestres des régions froides et, à Eguisheim, des ossements humains accompagnés d'ossements du cerf, du bœuf et de l'éléphant. La contemporanéité des anciens glaciers et de l'homme en Alsace est prouvée, dit-il, d'une manière irrécusable.

M. Platz[1] consacre un chapitre de son histoire de la vallée du Rhin à l'époque quaternaire ; il décrit les variations du cours de ce fleuve à cette époque ; il dit que l'existence d'anciens glaciers quaternaires dans la Forêt-Noire ainsi que dans les Vosges n'est pas encore un fait bien avéré, malgré les affirmations de MM. Collomb, Delbos, Grad, etc., et il attribue l'origine du loess aux mollasses de la Suisse dont les éléments auraient été détruits et entraînés par les eaux à l'époque de la fonte des grands glaciers alpins. Le loess apparaît dans la vallée du Rhin à Beuggen où il s'élève à 106 mètres au-dessus du fond de la vallée.

Époques glaciaires. M. Gastaldi[2] a réfuté les idées émises par M. Geikie[3] sur l'existence de deux époques glaciaires dans le bassin du Pô ; d'après lui, le terrain

[1] Verhandl. nat. Ver. Carlsruhe, 1874, VI.
[2] Atti Acad. Sc. Torino, 1873, VIII.
[3] Voyez Revue pour 1872.

pliocène qui se trouve dans l'amphithéâtre des moraines d'Ivrée n'est pas intermédiaire entre deux dépôts glaciaires. Les dépôts interglaciaires de la Suisse (Utznach, Durnten) ne constituent pas un terrain spécial, mais un dépôt accidentel dû à des circonstances orographiques et climatériques locales.

Dans le tableau d'ensemble donné par M. Renevier [1] de la période moderne, cet auteur n'admet qu'une période glaciaire et regarde les dépôts glaciaires inférieurs aux lignites d'Utznach et de Durnten comme tout à fait locaux. Ces lignites, contemporains des alluvions anciennes, sont surmontés, comme elles, du terrain erratique alpin recouvert par trois niveaux de terrasses diluviennes.

M. Hoefer [2] a publié une étude sur le terrain glaciaire de la Carinthie. Il admet l'existence de deux périodes glaciaires qui correspondraient à celles qui ont été admises en Suisse par M. Heer. Les glaciers de la seconde période auraient eu une extension beaucoup moins grande que ceux de la première.

Faune quaternaire. M. A. Favre [3] a donné une liste des débris de renne trouvés en Suisse; ces restes, ainsi que ceux de l'*Elephas primigenius*, ont été recueillis dans l'alluvion des terrasses à 20 ou 25 mètres au-dessus du niveau des lacs et des rivières.

M. Rutimeyer [4] a publié une note sur les restes fossiles découverts dans les stations de l'âge du renne de Veyrier au pied du Salève et de Villeneuve, et signalés déjà par

[1] Bulletin de la Société vaudoise, 1873, XII.

[2] Studien aus Kærnten. III. Die Eiszeit in Mittelkærnten. Neues Jahrb., 1873, 128.

[3] Congrès international d'Anthrop. Bologne, 1871, 339.

[4] Ueber die Rennthier-Station von Veyrier am Saleve. Archiv für Anthropologie, 1873, VI, 59.

divers observateurs; il en indique 29 espèces. Le renne et le ptarmigan y sont particulièrement abondants. Le premier de ces animaux, ainsi que le cheval, y était, suivant M. Rutimeyer, à l'état domestique. La faune de l'âge du renne à Veyrier a une ressemblance extraordinaire avec celle de la même époque en Belgique; elles diffèrent surtout par la présence de quelques types alpins à Veyrier et de quelques types arctiques en Belgique. Elle est postérieure aux dépôts de lignite et de cailloux de l'époque glaciaire et antérieure à la faune des lacustres.

Une caverne de même époque que celle du Salève et contenant des restes abondants du renne et une dent de mammouth a été découverte dernièrement à Tähingen dans le canton de Schaffhouse.

M. E. Chantre [1] a signalé un gisement d'ossements d'espèces émigrées et d'espèces éteintes (*Bos primigenius, Cervus tarandus, Elephas primigenius*, etc.) dans des graviers de la Saône près de Saint-Germain-au-Mont-d'Or (Rhône). Ces fossiles sont probablement contemporains de la fin de la grande extension des glaciers alpins dans la vallée du Rhône.

M. Lepic [2] a exploité, à Savigny, près d'Aix-les-Bains, deux cavernes, dont l'une nommée la grande Barme, lui a fourni avec un certain nombre d'ossements de bœuf, de cerf, de cochon, de chevreuil et de chien, des instruments de l'époque de la pierre polie, qui consistent en haches de serpentine et de diorite, couteaux en silex, poinçons en os, etc.

M. Quiquerez [3] a donné une note sur les cavernes du

[1] Bull. de la Soc. géol. de France, 1873, I, 143.
[2] Matériaux pour l'histoire de l'homme, 1873, IV, 157.
[3] Indicateur d'antiquités suisses, 1874, 512.

Jura bernois, dont plusieurs renferment des restes de l'époque de la pierre polie.

Stations lacustres. M. V. Gross[1] a fait l'étude de celles du lac de Bienne. Ces stations appartiennent à l'âge de la pierre, à celui du bronze et au commencement de celui du fer. Elles sont presque toutes sur la rive droite du lac; celles de Locras, Hagueneck, Gérofin, Latrigen et Chavannes appartiennent à l'âge de la pierre seulement.

M. Th. Studer[2] a examiné les nombreux ossements retirés des stations de Locras et de Mœrigen, parmi lesquels ceux du bœuf, du cochon des tourbières et du chien sont très abondants; il signale la prédominance des animaux domestiques sur les restes d'animaux sauvages et indique un progrès marqué à cet égard sur les stations de Robenhausen, Wangen, etc.

M. H. Dor[3] a décrit et figuré trois crânes lacustres, dont l'un provient du lac de Morat et les deux autres du lac de Bienne.

Glaciers actuels. M. A. Heim[4] a fait une étude des diverses théories émises sur le mouvement des glaciers et sur les causes de ce mouvement. Le glacier glisse sur son support comme une masse compacte et il coule comme un fluide; l'observation ainsi que les expériences de nombreux naturalistes ont démontré l'existence de ces deux causes qui agissent elles-mêmes d'une manière complexe. M. Heim signale 37 auteurs qui se sont occupés de cette question et dont Scheuchzer (1723) a été le premier.

[1] Les habitations lacustres du lac de Bienne. Delémont, 1873; extrait : Matér. pour l'histoire de l'homme, 1873, IV, 205.

[2] Indicateur d'antiquités suisses, 1874, 507.

[3] Notiz über drei Schædel aus den schweizerischen Pfahlbauten, 1873. — Mittheil. Bern, 1873, 63.

[4] Jahrb. des Schweiz. Alpenclub, 1873.

Afin d'arriver à une connaissance plus complète des glaciers de la Suisse, M. SIEGFRIED [1] a publié un carnet destiné à être complété par les membres du Club alpin et dans lequel sont énumérés tous les glaciers rangés par régions, avec des renseignements sur leur cours, les montagnes dont ils tirent leur origine, etc. Les divers groupes de glaciers sont combinés, non d'après les bassins dans lesquels ils s'écoulent, mais d'après les massifs de montagnes qui leur donnent naissance.

Affouillement glaciaire. M. BONNEY [2] a examiné les lacs du Salzkammergut (Tyrol) au point de vue de la théorie de l'érosion glaciaire. Pour supposer qu'un glacier puisse creuser un bassin, il faut nécessairement, dit-il, qu'il y ait en amont un district capable de donner naissance à un glacier considérable ; or, la plupart de ces lacs ne sont pas dans cette condition. De plus, un glacier ne peut, en aucune circonstance et surtout pas près de son origine, produire des précipices considérables ou des pentes à peu près verticales. Les lacs du Salzkammergut, généralement entourés d'escarpements d'une grande hauteur, ne peuvent donc avoir été creusés par les glaciers, et il faut chercher leur origine dans les érosions causées par les eaux, érosions qui ont modifié et augmenté des bassins naturels formés par des mouvements de l'écorce terrestre ou par des courants marins.

Dans sa description du terrain glaciaire des Vosges, M. GRAD a également indiqué des faits nombreux contraires à la théorie de l'affouillement glaciaire.

[1] Les glaciers de la Suisse rangés par régions et par groupes. Zurich, 1874.

[2] Quart. Journal of the geol. Soc., 1873, XXIX, 382.

M. Gastaldi[1] signale diverses observations faites par lui dans les hautes montagnes du Piémont, dans la vallée de la Stura, ainsi que dans le bassin de la Doire Ripaire, sur les combes ou amphithéâtres creusés par les glaciers. Ces combes sont creusées dans le calcaire, le gypse, la cargneule et même dans les schistes cristallins où elles sont moins étendues. Il en figure un certain nombre et conclut que l'absence de grands lacs aux débouchés de la Doire Baltée, de la Doire Ripaire et de la Stura, dans la plaine, prouve seulement que les glaciers, de même que l'eau, creusent difficilement les *pierres vertes*, les diorites et les syénites qui ne sont pas sujettes à la désagrégation atmosphérique et qui forment précisément la limite extérieure des Alpes du côté du Piémont, tandis que là où ces roches n'existent pas, dans les vallées du Tessin, de l'Adda, de l'Adige et sur le versant nord des Alpes, l'érosion glaciaire a agi sans difficulté.

III. Roches, géologie dynamique, etc.

Le gouvernement fédéral s'est occupé de la question de savoir si l'on ne pourrait pas établir sur le sol suisse une exploitation de la houille du terrain houiller. M. Desor[2] a publié une note sur ce sujet. Les Alpes n'offrent pas de perspective d'exploitation régulière parce que la houille, toujours en bancs minces, y est changée en anthracite. L'épaisseur des dépôts à traverser pour atteindre l'horizon de la houille dans le Jura serait au moins de 900 mètres et dans la plaine de 1600 mètres, épaisseur

[1] Atti Acad. Sc. Torino, 1873, VIII. — Quart. Journal, 1873, XXIX, 396.

[2] Bulletin de la Société de Neuchâtel, 1873, 361.

qui rend impossible les tentatives d'exploitation. La localité la mieux appropriée à des recherches de ce genre est, comme le remarque M. Desor, près de Rheinfelden, dans la vallée du Rhin, où le grès bigarré affleure sur un assez long espace sur le territoire suisse. On pourrait rencontrer en ce point la prolongation du banc de houille exploité à Ronchamps, bien que divers essais tentés autour de la Forêt-Noire n'aient pas donné des résultats fort satisfaisants. Encore l'épaisseur du terrain à traverser serait-elle d'au moins 550 mètres et peut-être beaucoup plus grande.

Il a été publié cette année un mémoire de GERLACH[1] sur les mines du Valais, à l'étude desquelles ce savant géologue a consacré une grande partie de sa vie. Ce travail est composé d'une courte description géologique de la région dans laquelle se trouvent les mines, puis d'une statistique de ces mines avec des données sur leurs gisements et leurs exploitations. L'auteur décrit successivement les mines de houille du terrain jurassique supérieur, celles d'anthracite de la zone septentrionale du terrain houiller, près d'Outre-Rhône et de la zone méridionale; les mines de fer provenant de divers gisements, celles de plomb, de cuivre, de nickel, de cobalt et d'or dont la plus grande partie se trouvent dans la zone de schistes micacés et chloriteux qui s'étend du Simplon au Grand-Saint-Bernard. Plusieurs coupes géologiques sont jointes à ce travail.

M. A. JACCARD[2] a étudié les phosphorites du Jura neuchâtelois; elles se trouvent dans le gault, de même qu'à

[1] Die Bergwerke des Kantons Wallis, 1873.
[2] Actes de la Société helvét., 1873, 88. — Archives (Bibl. Univ.), 1873.

Bellegarde; les fossiles du gault sont pyriteux dans les argiles pures; ils sont phosphatés dans les sables. Les nodules du gault de Morteau sont formés d'un agglomérat de fossiles phosphatés liés par un ciment également phosphaté; mais le sable encaissant ne renferme pas de phosphate ; ailleurs les nodules phosphatés ne sont pas formés par des fossiles. M. Jaccard regarde comme démontrée l'origine animale des phosphates de même que celle des bitumes. L'analyse faite par M. Picard des nodules de Morteau indique 33,6 °/₀ de phosphate de chaux.

On a découvert[1] sur la route de Collonges à Bellegarde, dans le département de l'Ain, dans une position géologique qui n'est pas encore exactement déterminée, une terre argileuse blanche à l'intérieur et traversée par des veines rouges et jaunes plus ou moins sableuses. Cette terre est éminemment réfractaire; elle est susceptible de moulage; l'exploitation en est très facile. MM. Ador et Rilliet[2] ont fait l'analyse de rognons d'une argile smectique qui y sont contenus; sa composition est à peu près identique à celle de l'halloysite.

M. Weiss[3] a décrit des cristaux de quartz enfumé provenant des environs de Gombs dans le Haut-Valais.

Gypse et cargneule. M. de Fritsch[4], qui a étudié en détail les grands gisements du gypse du versant sud du Saint-Gothard, n'hésite pas à les regarder comme un dépôt marin chimique de sulfate de chaux.

[1] Gardy, Faton et Rochat. (Bulletin de l'Institut national genevois, 1873, XVIII, 69.)

[2] Archives, 1874, tome XXXIX, p. 242.

[3] Sitz.-Ber. des nat. Ver. d. preuss. Rheinlande und Westphalens, XXVIII, 142.

[4] Das Gotthardgebiet.

D'après M. Chavannes[1], le gypse des Alpes vaudoises n'appartient pas au trias; il n'est pas une roche sédimentaire mais bien une roche métamorphique; le gypse se trouve ordinairement sur des lignes de failles et de dislocations; cet auteur signale au milieu des masses de gypse, un grand nombre d'arrêts de transformation de la roche primitive. Il distingue deux espèces de cargneule : un premier type formé par une brèche à fragments anguleux reliés par un ciment calcaire et formant des couches régulières; cette brèche dolomitique est le résultat d'une transformation de la dolomie qui est elle-même une roche métamorphique; elle ne représente aucun horizon géologique, mais elle peut se trouver dans toutes les formations. Le second type est une masse bréchiforme constituant des amas irréguliers, soit le long des gisements de gypse, soit dans le fond ou sur les flancs des ravins.

Le même auteur[2] a signalé, dans les Alpes vaudoises, des calcaires siliceux transformés en cargneule siliceuse et des blocs de conglomérats du flysch transformés d'une manière plus ou moins complète en gypse dans lequel on trouve des cristaux de quartz bipyramidé.

Dans sa description géologique des Alpes fribourgeoises, M. Gilliéron[3] regarde le gypse et la cargneule comme se trouvant très probablement à trois niveaux différents : dans le terrain triasique, à la base du terrain kimméridien et à la base du flysch.

M. Doelter[4] a publié des observations sur les tufs por-

[1] Bull. de la Soc. vaud. des Sciences natur., 1873, XII, 109.
[2] Actes de la Société helv. pour 1873, p. 90.
[3] Matér. pour la carte géol. de la Suisse, XII, 14, 46.
[4] Neues Jahrb,, 1873, 569.

phyriques du Tyrol méridional étudiés antérieurement par MM. de Richthofen, Tschermak et Lemberg. Il les divise en tufs porphyriques quartzeux et tufs porphyriques pyroxéniques. Les premiers, contemporains du grès de Gröden, sont probablement permiens et ont une moins grande extension que les seconds qui sont les uns sédimentaires, les autres éruptifs. M. Dœlter fait également une étude détaillée de la *Pietra verde* des environs d'Andraz et de Wengen qui est plus ancienne que le porphyre pyroxénique de cette région.

Le microscope, si généralement employé maintenant pour l'étude des roches éruptives, peut rendre aussi de grands services dans la détermination des roches sédimentaires. M. Gumbel en a déjà donné un exemple dans son travail sur les Nullipores[1]. Le même savant[2] a soumis à l'étude un grand nombre de roches sédimentaires des Alpes, difficiles à reconnaître à cause de la rareté ou du manque de fossiles, et il a trouvé dans leur structure un nouveau point de repère pour leur détermination ; ses recherches se sont surtout portées sur les calcaires et les dolomies du trias, et il donne la description d'un certain nombre d'entre elles.

L'étude microscopique des dolomies et des calcaires faite avec l'aide d'acides très étendus fournit des résultats qui correspondent bien avec ceux des analyses chimiques. M. Dœlter[3] a étudié au microscope des dolomies et des calcaires du Tyrol méridional. Ces calcaires sont en général des sédiments d'origine mécanique et quelquefois

[1] Die sogenannten Nulliporen....... Abhandl. der bayer. Akad. der Wiss., 1871-1872, XI.

[2] Verhandl. g. Reichsanst., 1873, 141.

[3] Verhandl. g. Reichsanst., 1874, 140.

organique; les dolomies paraissent provenir des calcaires; elles sont moins abondantes dans leur état normal qu'on ne le croit généralement.

Contournements. M. BALTZER consacre un chapitre de son ouvrage sur le Glærnisch à l'étude des contournements des couches dans les Alpes. Il examine leurs divers modes et en donne de nombreux exemples. Le Glærnisch appartient lui-même à un système de voûte tout à fait incliné ou déjeté, compliqué encore de plis latéraux. L'auteur examine la manière dont ont pu se former dans les Alpes des contournements si compliqués. Contrairement à l'opinion de nombreux géologues, il croit qu'ils se sont exécutés très lentement et par une cause agissant d'une manière forte et continue. La flexibilité des couches est, d'après lui, en proportion de la quantité d'argile qu'elles contiennent. Il examine enfin les causes qui peuvent produire les soulèvements.

Soulèvements. M. GILLIÉRON[1] a donné des détails sur le soulèvement des Alpes fribourgeoises et les contournements des chaînes. Il a constaté dans ce massif la direction semi-circulaire des chaînes, déjà signalée par M. A. Favre[2] dans les montagnes de la Savoie et le fait que les deux chaînes extérieures, c'est-à-dire les plus rapprochées de la plaine, décrivent un demi-cercle presque complet, tandis que les deux chaînes intérieures ne sont arquées que dans leur partie orientale. On ne saurait nier l'importance de ce fait encore inexpliqué pour l'étude des causes du soulèvement des Alpes.

Dans ses recherches sur la géologie des Alpes rhé-

[1] Matériaux pour la carte géol. de la Suisse, XII.
[2] Recherches géologiques dans la Savoie, I, 214; II, 6, etc.

tiennes, M. E. de Mojsisovics [1] combat la théorie qui a été plusieurs fois soutenue que les formations mésozoïques ont recouvert une fois la chaîne des Alpes d'un dépôt continu qui aurait été rompu plus tard par suite du soulèvement de la zone centrale. Il montre que la structure des Alpes se complique beaucoup de l'est à l'ouest, de sorte que la disposition des terrains, plus ou moins régulière dans les Alpes orientales, présente dans les Alpes suisses un degré de complication extraordinaire. Le fait que les terrains sont beaucoup plus contournés dans les chaînes extérieures que dans le voisinage de la chaîne centrale, la nature et la forme des contournements, prouvent que la chaîne centrale n'a joué qu'un rôle secondaire dans le soulèvement des chaînes extérieures et que celui-ci a été produit par un refoulement venant de l'extérieur à l'intérieur.

Dénudation. Les causes auxquelles M. A. Heim [2] attribue la désagrégation des roches et les dénudations dans les montagnes sont le vent, la foudre, l'eau, la végétation et les variations de température. Il examine les effets produits par ces divers agents sur le relief des montagnes d'après la nature des roches qui les constituent, calcaires, roches massives, schistes cristallins, terrains sédimentaires et d'après l'homogénéité plus ou moins grande des roches et des terrains; il décrit et figure les lapiaz (Karren ou Schratten) les cônes d'éboulement et les divers types de montagnes.

[1] Jahrb. der k. k. geol. Reichsanst., 1873, XXIII, 137.
[2] Einiges über die Verwitterung der Berge. Neujahrsblatt. Zurich, 1874.

SUR LA

DÉCHARGE ÉLECTRIQUE

DANS L'AURORE BORÉALE

ET

LE SPECTRE DU MÊME PHÉNOMÈNE

D'APRÈS DES OBSERVATIONS FAITES PENDANT UN VOYAGE DANS LA LAPONIE FINLANDAISE EN 1871

PAR

M. SELIM LEMSTRÖM
Agrégé à l'Université d'Helsingfors.

Mémoire présenté à l'Académie des Sciences de Suède.

(Traduction communiquée par l'auteur.)

(Suite et fin.)

Le Spectre de l'aurore boréale.

§ 1. Six ans se sont à peine écoulés depuis que le professeur Angström à Upsal a étudié pour la première fois l'aurore boréale à l'aide du spectroscope, et déjà les recherches, faites depuis lors dans cette direction, sont très-nombreuses. Les savants qui, après M. Angström [1], ont repris ce sujet sont : M. de Struve à Pulkova [2], l'auteur de ce mémoire pendant l'expédition polaire 1868 [3], M. Winlock (1869) en Amérique, qui trouvait

[1] *Angström, Le spectre normal du Soleil* et *Annales de Poggend.*, 1869, tome CCXIII, p. 161.

[2] *Bulletin de l'Acad. de Saint-Pétersbourg*, 1868.

[3] *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences de Suède*, 1869, nº 7, et *Archives des Sciences*, juin 1871, p. 147.

en tout cinq raies du spectre avec les longueurs d'onde R = 5568, 5448, 5317, 4350 à 4360, 5190 à 5200 (exprimés en dix-millièmes de millimètre), puis en même temps MM. Winder, Rayet et Sorel[1], MM. Floger et Schmidt[2], M. Ellery, de Melbourne (aurore boréale du sud)[3]. Au mois d'octobre 1870, il parut, on s'en souvient, une aurore boréale très-forte qui fut examinée par les savants suivants : MM. Forster à Berlin, Capron à Guildford, Gibbs à Londres et M. Elger à Bedford, un observateur à Saint-Mary Church[4], enfin M. Browning[5] et M. Zöllner[6]; au mois d'août 1871, Lord Lindsay (Écosse) trouva cinq raies dont deux avaient des longueurs d'onde 5172, 5216.

Les observations les plus étendues et les plus minutieuses sur le spectre de l'aurore boréale sont sans contredit celles qui ont été faites à l'observatoire de Bothkamp près de Kiel par M. Vogel et le docteur Lohse[1]. Muni d'un excellent spectroscope stellaire, adapté à un équatorial, ce savant, après avoir perfectionné l'instrument pour ce but, a fait des mesures et des déterminations des raies spectrales de l'aurore boréale avec une exactitude qui n'a jamais été atteinte auparavant, excepté pour une raie, déterminée par M. Angström.

Les améliorations de l'instrument ont porté principale-

[1] *Schellen*, L'analyse spectrale, p. 593.

[2] *Schellen*, l. c., p. 593 et suivantes.

[3] *Archives*, novembre 1871, tome XLII.

[4] *Archives*, février 1871, tome XL.

[5] *Schellen*, l. c., p. 597 *Ber. der Sächs. Ges. der Wiss*, oct. 1870, p. 254. — *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXVI, juin 1872. — *Annales de Poggend.*, tome CXLI, 1870.

[6] *Archives des Sciences*, tome XLII, novembre 1871. — *Annales de Chimie et de Phys.*, 1872, tome XXVI, p. 272.

ment sur la manière dont la place des raies était déterminée. Le spectroscope était muni d'une vis micrométrique à l'aide de laquelle les différentes parties du spectre pouvaient être amenées au milieu du champ de l'instrument où se trouvait un réticule. Ceci offre cependant quelques inconvénients ; c'est pourquoi le réticule fut remplacé par un cône d'acier très-fin et poli, qui pouvait être éclairé par une lampe. On obtenait ainsi une ligne lumineuse très-fine qu'on pouvait amener à coïncider très-exactement avec les raies du spectre.

Après s'être assuré que la vis micrométrique dont la tête était partagée en 100 parties, n'avait pas de fautes surpassant 0,01 d'un tour, M. Vogel a fait des déterminations exactes de plus de 100 raies du spectre solaire, et pouvait par là, à l'aide de l'atlas du spectre solaire de M. Angström, déterminer la longueur d'onde d'une raie quelconque.

Préparé de cette manière, M. Vogel fit pendant l'hiver 1870-71, une série d'observations de l'aurore boréale. Cette série commença déjà le 25 octobre 1870, mais l'instrument n'étant pas encore dans l'état où il fut mis plus tard, les mesures ne furent pas suffisamment exactes.

Le 11 février une aurore boréale magnifique se développa ; elle commença vers 10 heures du soir par un arc lumineux d'une couleur verdâtre qui envoya vers minuit des rayons montant jusqu'à une hauteur de 60°. On observa aussi la ligne jaune caractéristique dont la longueur d'onde fut fixée à 5574 comme moyenne de six lectures d'une première observation et de quatre d'une seconde. Avec un plus petit spectroscope, comme celui de

Browning, on pouvait en même temps remarquer quelques raies dans le champ bleu, mais pas une seule dans le rouge. — Le 12 février, l'aurore boréale put être observée déjà de bonne heure le soir, et l'on fit encore deux déterminations de la ligne jaune; elles donnèrent, la première, R=5576 (6 lectures), la seconde, 5569 (aussi 6 lectures). Contemplé dans un spectroscope plus faible, le spectre se montrait ce jour-là tout autre qu'auparavant. Le champ vert était traversé par quelques bandes claires, entre *b* et F une bande isolée, et près de G une bande large et très-faible. Dans des rayons rouges qui se firent voir plus tard, on observa une ligne rouge intense entre C et D, mais plus près de C.

Cependant les déterminations principales ne furent faites que le 9 avril, sur une aurore boréale très-brillante qui atteignit sa plus grande clarté le matin de bonne heure; à ce moment elle envoyait de splendides rayons rouges vers le zénith. Dans la partie la plus claire de l'aurore boréale le spectre était composé de cinq lignes verdâtres et d'une large ligne bleue et incertaine. L'instrument étant dirigé sur les rayons rouges, on remarqua encore une ligne rouge[1]. Les lignes faibles près de G ne purent être observées cette fois-ci. Les mesures donnèrent les résultats suivants:

[1] M. Bertin, qui a rendu compte des découvertes de M. Vogel dans les *Annales de Chimie et de Physique*, juin 1872, tome XXVI, a incorrectement indiqué sept lignes dans le rouge. L'analyse est faite d'après les *Archives des Sciences physiques et natur.*, tome XLIII, p. 419-423, où l'on cite en tout sept lignes dans le rouge.

La ligne rouge . . .	$\lambda = 6297 + 14$	Très-claire.
La ligne jaune . . .	$\lambda = 5569 + 2$	La ligne la plus claire, beaucoup affaiblie à l'apparition de la ligne rouge.
	$\lambda = 5390$	Très-faible (observation incertaine).
	$\lambda = 5233 \pm 4$	Assez claire.
	$\lambda = 5189 \pm 9$	Paraît très-claire si la ligne jaune se montre, mais d'ailleurs comme avant.
	$\lambda = 5004 \pm 3$	Ligne très-claire.
	$\lambda = 4694$ $\lambda = 4663 \pm 3$ $\lambda = 4629$	Large bande de lumière, plus pâle au milieu, très-faible lorsque la ligne rouge apparaît.

Le 14 avril on observa encore une faible aurore boréale qui donna pour la ligne jaune[1] 5569.

Comme moyenne on obtint pour cette ligne

$$R = 5571{,}3 \text{ (erreur probable } \pm 0{,}92).$$

Le mémoire de M. Vogel aborde encore deux sujets fort intéressants[2] auxquels je reviendrai plus tard, à savoir l'examen des spectres de quelques gaz simples et de ceux de l'air atmosphérique soit à l'état ordinaire, soit raréfié et saturé de vapeur d'eau, enfin une comparaison entre le spectre de l'aurore boréale et celui de ces gaz et du fer.

Dans un mémoire sur la théorie de l'aurore boréale

[1] M. Bertin (l. c.) attache une certaine importance à ce que quelques savants appellent cette ligne verte et d'autres jaune, mais si l'on suit la classification des couleurs de Listing, cette ligne doit être considérée comme jaune.

[2] *Annales de Chimie et de Phys.*, juillet 1872, tome XXVI.

Aug. de la Rive mentionne que M. Prazmowski a trouvé plusieurs bandes en rouge, bleu et violet.

Avec ceci j'ai fini le sommaire complet, je le crois, des observations et des mesures qui ont été faites sur le spectre de l'aurore boréale. Je passe maintenant aux observations et aux déterminations qui furent faites pendant l'expédition faite en Laponie, dans l'automne 1871, sous les auspices de la Société scientifique de Finlande.

§ 2. L'instrument que j'ai employé est un spectroscope à vision directe, du baron Fab. Wrede, et exécuté par M. G. Sorensen, à Stockholm. Il est construit d'après un nouveau système, aussi je vais le décrire en détail[1].

Sur un pied massif de métal (Pl. IV, fig. 1) (*f*) est fixé un cylindre de laiton vertical, composé de deux parties rentrant l'une dans l'autre, et qui peut, par conséquent, être allongé ou raccourci. Il porte une forte plaque de métal tournant dans un plan vertical autour de l'axe *g* et dans un plan horizontal par le glissement de deux tiges cylindriques l'une dans l'autre. Sur cette plaque s'en trouve une autre qui est fixée à la première par un axe vertical d'acier et mobile autour de cet axe; la plaque de dessus est pressée contre celle de dessous par une vis et un ressort annulaire qui se trouve sous elle. La plaque de dessus porte encore un bras horizontal *mn*. Deux prismes p, p', présentant un angle réfracteur de 60°, sont fixés sur cette plaque. Leurs bases sont placées contre une plaque verticale de métal avec des coins de métal, de sorte que les surfaces des bases forment ensemble un angle de 166°,5. Les prismes sont recouverts d'une boîte

[1] Ce m'est un devoir bien cher d'exprimer ma reconnaissance envers M. Wrede pour l'extrême bienveillance qu'il m'a montrée en construisant et en surveillant l'exécution de cet instrument.

solide, carrée, qui est fixée par des vis. De l'un des côtés de cette boîte se visse le tube *b* avec la fente et dans l'autre le tube *a* avec l'oculaire. Du côté de l'oculaire la boîte de laiton est entrecoupée et laisse passer le bras *mn*.

Au bout de ce bras se trouve la vis micrométrique *h*, qui, passant par deux écrans formés du même morceau attaché sur *mn*, s'appuie du côté intérieur contre le spectroscope sur lequel est vissée, pour ce but, une plaque de laiton. Une échelle se trouve derrière la vis au bout extrême du bras *mn*. Ce bras est relié au spectroscope par un ressort spiral de fil d'acier trempé *c*, qui d'un côté est attaché au bras, et de l'autre à un petit cylindre de laiton vissé au spectroscope. — Devant la fente on peut placer un petit miroir mobile au plan horizontal et vertical. Dans l'oculaire se trouvent deux réticules à deux fils parallèles ou croisés, qui peuvent être éclairés de dehors par une ouverture au côté.

La marche des rayons de lumière est la suivante : par la fente *b* ils tombent sur la lentille et dans le tube, sont réfractés et dispersés par le prisme *p*, et enfin réfléchis contre la base de prisme *p'*, après quoi ils entrent dans le tube oculaire où l'image est retournée.

En tournant la vis micrométrique, le bras, et avec lui les prismes, peuvent se déplacer, de sorte qu'une partie quelconque du prisme puisse être placée au milieu du champ de vue. La tête de la vis *h* est partagée en cent parties et l'échelle en intervalles correspondant à un tour. Ainsi, une lecture des vis détermine la place d'une raie dans le spectre, et en la comparant avec celle des autres raies connues, elle peut être déterminée par l'une ou l'autre échelle.

Il est clair qu'on préfère déterminer les raies par leurs longueurs d'ondes, parce que cette échelle ne contient rien de conditionnel ; au contraire, chaque espèce de lumière, chaque bande dans le spectre est parfaitement déterminée, surtout depuis que cette détermination a été rendue très-facile par l'ouvrage de M. Angström « Le Spectre normal du Soleil. » Il s'agissait donc de pouvoir exprimer une certaine lecture sur la vis par une longueur d'onde correspondante ; pour arriver à ce but j'ai fait les opérations suivantes : 1° examiné les défauts possibles de la vis ; 2° déterminé la position relative d'un grand nombre des lignes de Fraunhofer dans le spectre solaire ; 3° la variation de la situation réciproque des lignes de Fraunhofer avec la température qui était cependant si petite qu'il était inutile d'en rendre compte.

Dans la mesure de la situation réciproque des lignes spectrales j'ai rencontré quelques difficultés qui exigeaient des précautions.

Dans son ouvrage. « Détermination des longueurs d'ondes, » etc., M. Thalén dit qu'une lecture exacte d'une raie de spectre est rendue très-difficile, parce qu'il se produit une diffraction de lumière à la surface du réticule. La même difficulté se montra dans le spectroscope que j'employai et c'est pourquoi j'ai fait à l'instrument les changements suivants :

Au lieu des cheveux parallèles, j'ai produit une fine ligne de lumière qui occupait en haut un peu moins que la moitié du champ de vue. Je réalisai cela à l'aide d'un prisme de réflexion rectangulaire dont la surface hypoténuse et l'une des surfaces *cathete* étaient couvertes de plaques de métal, de sorte qu'il ne restait plus qu'une fente très-fine sur la dernière. Cette surface *cathete* était tournée

vers l'oculaire et l'autre en haut; ainsi la lumière entrante était réfléchie de la surface hypoténuse, par l'ouverture, vers l'oculaire. Pour que la lumière entrante ne fût pas trop forte, le *cathete*, tourné en haut, était aussi couvert de papier noir, à l'exception d'une petite fente qui était éclairée de côté. Pour que la lecture fût exacte, l'ouverture fine devait être très-bien éclairée; sans cela il se produisait une dispersion qui rendait le pointement incertain. — Pour faire l'observation des lignes de Fraunhofer, on les amenait au milieu de l'ouverture éclairée de sorte que celle-ci et la raie spectrale étaient en ligne droite. J'ai fait usage du même procédé pour l'observation des lignes spectrales des autres sources de lumière, mais il est à remarquer que celles-là n'étaient jamais assez fines pour qu'on pût les placer entre les bords de l'ouverture; il a fallu adopter une disposition telle que l'ouverture et la raie fussent en ligne droite.

Avec cette méthode j'avais encore l'avantage que la lumière de l'ouverture éclairée n'obscurcissait pas les lignes spectrales, ce qui a lieu lorsque le réticule est éclairé. Je n'avais cependant pas encore adopté ce procédé lors de mes observations en Laponie, c'est pourquoi j'ai dû suivre une autre méthode pour remédier à cet inconvénient. Elle consistait en ce que le réticule était alternativement éclairé et obscurci pendant l'observation, et en répétant l'opération jusqu'à ce que le réticule et les lignes spectrales se confondissent.

§ 3. Pour exprimer en longueurs d'ondes les distances relatives obtenues en divisions de la vis, j'ai employé une méthode graphique. Ce qui m'a paru le plus commode, c'est de diviser tout le spectre solaire en intervalles, dont

les principales raies de Fraunhofer étaient les limites. Ces intervalles étaient

de B à D_2, de D_2 à b_1, de b_1 à F, de F à G et de R=432,5 à H_2.

Dans chaque intervalle on mesurait à plusieurs reprises la distance qui séparait plusieurs raies caractéristiques des raies limites, et lorsque les distances d'un certain nombre de raies étaient déterminées en divisions de vis, les longueurs d'ondes correspondantes étaient déduites du « Spectre Norm. » de M. Angström, ou des « Déterminations des longueurs d'ondes » de M. Thalén. Dans la représentation graphique celles-là étaient les abscisses et celles-ci les ordonnées.

Pour l'observation d'une ligne spectrale, *p-x* dans l'aurore boréale, je procédais comme suit :

1° Je lisais sur la vis la position de la ligne observée.

2° Je déterminais la position de quelque ligne spectrale, ordinairement celle de D que j'obtenais avec une flamme munie de sodium.

3° Quand les deux lectures avaient été corrigées pour les défauts de la vis, la différence entre elles donnait la distance entre la ligne observée et la ligne D et l'ordonnée correspondant à cette distance donnait la longueur d'onde. L'exactitude que l'on pouvait avoir dépendait principalement du pointement par la vis. Lorsque la longueur d'onde est exprimée en dix millièmes de millim., les trois premiers chiffres sont certains et le quatrième approximatif.

§ 4. Au commencement de l'automne 1871, l'aurore boréale ne s'est montrée que très-rarement, de sorte que je n'ai pu faire des observations importantes. Après l'ar-

rivée à Kittilâ[1] au milieu du mois d'octobre, les aurores boréales commencèrent à paraître plus souvent, mais d'abord leur intensité fut très-faible ; l'analyse spectroscopique donna bien la ligne jaune, mais point d'autres. Le 24 octobre il se produisit enfin une grande aurore boréale d'une forme très-variable. Elle commença au nord par un arc d'un jaune pâle en forme de ruban et d'où montaient des rayons courts. Plus tard l'arc s'éleva et on ne vit plus les rayons, mais seulement une bande de lumière large et flottante qui, un instant, présenta à ses deux bouts un enroulement en spirale très-régulier et remarquable. L'aurore boréale continua toute la soirée avec un éclat variable, et plus tard il se forma une couronne, mais qui n'avait pourtant rien de particulier. L'impression totale du phénomène avec tous ses détails fut qu'il se passait une aurore boréale au-dessus du point d'observation et que c'était pour cela qu'elle paraissait en forme de ruban : la bande ne formait que la base d'où les rayons montaient verticalement au-dessus de l'observateur, et ceci semble bien démontré par le fait que les rayons, qui déjà au commencement étaient courts, diminuèrent et disparurent enfin entièrement. La couleur demeura assez constante, soit jaune-clair très-intense, changeant quelquefois en vert. Les rayons foncés parurent aussi plus tard.

Au spectroscope on observait la ligne jaune très-brillante, même quand la fente était très-étroite, mais lorsque celle-ci était ouverte assez pour que la ligne jaune affectât une longueur apparente de 0,5 mill., trois lignes se montraient encore : une à droite tout près de la ligne jaune,

[1] Latitude 67°39′57″, longitude 0°4′34″ à l'ouest d'Helsingfors (selon M. Jarnefelt qui m'a fait part de sa détermination).

et une autre plus loin à droite, toutes les deux sombres et tirant sur le vert, la troisième était plus claire et bleue. Ces raies n'ayant pas des bords bien limités, je n'ai pu cette fois-là déterminer leur position. De la ligne jaune jusqu'à la verte se montrait la trace d'un spectre continu d'une lumière faible.

Après avoir quitté Kittilâ, le 3 novembre, j'ai fait pendant le voyage à Énare plusieurs observations de l'aurore boréale, mais sans obtenir d'autres réactions que la ligne jaune et un spectre très-faible, continu.

A l'arrivée au presbytère d'Énare, tout fut arrangé pour une analyse spectrale de l'aurore boréale. Celle-ci, quoiqu'elle se montrât chaque soir, n'atteignait point un haut degré d'intensité avant le 16 novembre à environ neuf heures du soir. Elle s'étendit alors en forme de rayons et de bandes sur le ciel septentrional, en passant un peu le zénith. A cette occasion j'ai fait les observations suivantes :

1° Les couleurs étaient rouge clair, jaune vert et violet bleuâtre.

2° Avec le spectroscope j'ai observé, par une fente un peu plus ouverte, quatre raies, les mêmes qu'auparavant, mais le phénomène passa si vite que je n'ai pu faire de déterminations.

3° Sur le firmament apparurent des rayons ou rubans qui, partant du nord et passant le zénith, flamboyaient de temps en temps; le matin suivant j'ai observé à la même place un léger voile de nuages en forme de ruban qui s'étendait dans la même direction que les rayons de lumière de la veille, ce qui prouve qu'une condensation de vapeur avait eu lieu en ces places-là.

Le 17 novembre une aurore boréale parut de nouveau

avec un arc distinct et des bandes en forme de rayons au travers du ciel. Le lendemain matin tout le ciel était couvert de rubans de nuages, sortant comme des rayons d'une ouverture demi-circulaire au nord-est.

Le 16 novembre le phénomène eut un instant une forme très-extraordinaire, ressemblant à un voile plié et flottant, dont les bouts tendaient vers le nord et changeaient en rouge-clair, vert et jaune, et dont le pli arrondi se trouvait près du zénith.

Le 19 novembre, à environ 4 heures et 45 min. de l'après-midi, une aurore boréale d'une forte intensité lumineuse se montra sous plusieurs formes variables, combinaisons de rubans et de rayons. Au début, les rayons habituels partaient d'un ruban lumineux situé environ 30° au-dessus de l'horizon, puis celui-ci monta tout d'un coup jusqu'au 75°, formant une base jaune-clair, parfois changeant en vert et rouge, d'où sortaient de courts rayons tournants, violets, jaunes, roses et bleus, qui s'élevaient vers le zénith, en formant une belle couronne dont la couleur et la forme variaient souvent, mais qui n'était point ouverte au milieu. L'apparence du phénomène ne permettait pas de l'attribuer à la perspective seule. Les rayons étaient trop courts et ne sortaient pas de tout le circuit du zénith, mais seulement d'une partie vers le nord, et malgré cela la couronne fut plusieurs fois complète. La lumière rose qui en sortait et qui changeait parfois en rouge de sang était d'une beauté admirable. Le phénomène fut examiné avec le spectroscope et donnait en général les résultats suivants :

1° La ligne jaune caractéristique montra alors, comme chaque fois que je l'ai examinée, même par une fente très-étroite, le mouvement extraordinaire de la lumière,

comme je l'ai observé pendant l'expédition polaire de 1868[1].

2° Une bande ordinaire en vert, avec des bords incertains, qui, comme éclat, était du quatrième rang.

3° Une très-faible bande à droite de la précédente qui ne se montrait qu'à la plus haute intensité de l'aurore boréale et même alors d'une manière incertaine.

Ces deux bandes se montraient le plus souvent comme un spectre continu avec une faible ondulation de plus haute intensité que pour les raies mêmes. Entre n° 2 et n° 1 il y avait une bande foncée et très-marquée.

4° Une bande assez large dans le bleu, du troisième rang, se montrait ordinairement en même temps que la suivante, mais toujours plus faible.

5° Une bande sur la limite du bleu et du violet était la plus forte après la raie jaune du n° 1.

Si la force de lumière de la ligne jaune ou du n° 1 (comme je vais l'appeler dorénavant pour la brièveté, et les autres lignes auront le numéro par lequel elles ont été citées) est marquée par 2°,0, le n° 5 doit être marqué par 0,7 et le n° 4 par 0,4, 2° par 0,3 et 3° entre 0,2 et 0,1 selon une appréciation approximative.

D'après la méthode indiquée, et avec un éclairage alternatif du réticule[2], j'ai fait ce soir-là les déterminations suivantes:

Première détermination.

Avec le réticule au milieu de la raie spectrale et la

[1] *Comptes rendus de l'Acad. royale des Sciences de Suède*, 1869, n° 7, p. 675.

[2] Ceci a été fait par mon compagnon de voyage, M. Wallenius, pendant que j'ai fait le mesurage.

fente ouverte de sorte que n° 1 avait une largeur apparente d'environ 1,3 mill.

La ligne D fut déterminée à la même température que les autres en observant une bougie par la fenêtre . . . . 17 R. 56,3.

La raie n° 2 . . . . . 14 R. 77,0, R = 527,5.

La raie n° 4 . . . . . 10 R. 89,5, R = 468,8.

Pour parvenir, si c'était possible, à une plus grande exactitude, je plaçai le bord gauche des raies entre les fils d'araignée, et j'obtins :

Deuxième détermination.

N° 1	16 R. 45,4	λ=556,9	
N° 2	14 R. 75,7	λ=523,7	
N° 4	10 R. 97,5	λ=495,8	
N° 5	6 R. 77,5	λ=468,0	
N° 3	13 R. 15,3	λ=424,8	(assez approximative).

Troisième détermination.

Pour augmenter encore l'exactitude du pointement, j'avais eu l'idée de pointer le fil de droite du réticule sur le bord gauche de la raie et le fil de gauche sur le bord droit de la raie, mais malheureusement le phénomène ne dura pas assez longtemps pour que je pusse faire plus que la moitié de cette détermination.

J'ai commencé l'évaluation de la ligne n° 1, dont la longueur d'ondes avait été plusieurs fois déterminée, mais à cause de la dispersion grandissant vers le violet, les longueurs d'ondes devaient être un peu trop grandes, ce qui est arrivé en général, aussi cette détermination n'entrera pas dans la moyenne.

N° 1	*a*	16 R. 77,1	λ = 556,9 [1]
	b	16 R. 74,5	
N° 2	*a*	15 R. 6,0	λ = 522,8
	b	15 R. 5,0	
N° 4	*a*	11 R. 51,2	λ = 471,3
	b	11 R. 69,5	
N° 5	*a*	7 R. 39,9	λ = 427,4
	b	7 R. 40,5	
N° 3	*a*	13 R. 51,0	λ = 499,1
	b	13 R. 80,5	

Le peu de temps que dura encore le phénomène fut employé à un examen du champ rouge et ici on observa que la ligne n° 1 était fort affaiblie lorsque l'instrument était dirigé sur la lumière rose et rouge. De l'autre côté j'ai cru trouver une faible ligne rouge, mais je ne pus pas être bien sûr de l'existence de cette ligne, je pus encore moins en déterminer la position. La température de l'air était dans cette occasion —16°,7 environ, et elle montait continuellement.

Le 22 novembre il se produisit de nouveau une aurore boréale assez intense, moitié en rubans, moitié en forme de rayons, mais de peu de durée. Cependant la détermination suivante fut faite avec le spectroscope.

Quatrième détermination.

N° 1.	16 R. 11,4	se montrait d'une largeur de 0,6 millim.	λ = 556,9
N° 5.	6 R. 60,7	. . . .	λ = 426,3
N° 4.	10 R. 74,8	. . . .	λ = 469,0
N° 2.	14 R. 45,0	. . . .	λ = 423,9
N° 3.	12 R. 72,5	. . . .	λ = 495,9

[1] Voici la moyenne de plusieurs déterminations faites avant et après.

La ligne 3 pouvait à peine être observée[1].

Le reste du temps que dura le phénomène fut employé à examiner le champ rouge et violet du spectre. L'instrument étant dirigé sur la lumière rouge, j'ai cru parfois voir dans le champ rouge une lueur à gauche du n° 1, mais elle était très-indistincte.

De l'autre côté j'ai observé très-nettement une raie dans le violet, environ 4 R. 68[2] sur la vis. La raie même qui n'était pas bien limitée, fut observée trois fois avec une grande précision, mais avec son faible éclat elle était difficile à déterminer.

N° 6........ 4 R. 68 .... $\lambda = 411,2$

En joignant toutes ces déterminations, et en prenant séparément la troisième, on obtient :

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6
1re déterminat.	—	527,5	—	468,8	—	—
2me »	556,9	523,7	495,8	468,0	424,8	—
3me »	556,8	—	—	—	—	—
4me »	—	523,7	495,9	469,0	426,3	411,2
Moyenne. . .	556,9	525,03	495,8	468,6	425,55	411,2

(Voyez le spectre II de la planche.)

Voici encore la troisième détermination, qui, comme je l'ai dit, donne des longueurs d'ondes un peu trop grandes :

3me déterminat.	522,8	499,1	471,3	427,4	—	—

[1] L'oculaire ayant été toujours pointé de la même manière, cette détermination de mesures absolues peut servir comme moyen de comparer la largeur de la fente dans les différentes observations.

[2] A cause du froid, l'enregistrement de cette raie souffrait d'incertitude. Il fallait choisir entre 1 R. et 4 R.; mais 1 R. étant hors du spectre, on peut sans doute admettre 4 R. comme juste.

Si l'on fait un résumé de toutes les déterminations qui ont été données dans l'introduction, on obtient le tableau suivant dans lequel la raie trouvée dans le rouge est placée la première et les autres en ordre d'après leurs longueurs d'ondes.

										Observateurs
—	556,7	. . . .								Angström.
—	555,2	. . . .								Struve.
—	556.8	544.8	—	531,7	519 520	425 à 436.				Winlook.
—	—	—	—	531,6	517,2	. . . . . .				Lindsay.
627,9	. . . .									Zöllner.
629.7	557.1	—	539	523.3	518,9	500,4	469,4 460,3 462,9			Vogel.
—	556,9	—	—	525,0	—	495,9	468,6	425,6	411,2	

(Voyez le spectre III de la planche.)

§ 5. Quelle signification ces lignes spectrales ont-elles dans l'aurore boréale ? Pour s'en rendre compte, il faut faire une comparaison entre elles et les lignes que donnent les matières terrestres. Il est clair que l'on doit commencer cette comparaison avec les gaz qui composent l'air, et avec le spectre de l'air même. Ceci a été exécuté par M. Vogel qui a fait de nombreuses expériences sur les spectres de l'oxygène, de l'hydrogène, de l'azote et de l'air atmosphérique; mais avant de rappeler ses expériences, je vais d'abord faire une comparaison avec les lignes spectrales de ces gaz qui sont exposées dans l'ouvrage de M. Thalén : « Déterminations de longueurs d'ondes, etc. »

Dans cet ouvrage je prends les lignes suivantes du spectre de l'air :

Aurore boréale.	Air.	Intensité.
627,9	—	—
556,9	—	—
549	—	—
531,65	532,0	5
524,2	—	—
518,5	518,25	4
—	518,4	5
500,4	500,5	1
495,9	500,2	1
—	494,1	4
468,6	469,8	2
466,3	467,5	4
—	466,1	4
435 à 436	435,1	3
—	436,8	4
425,6	423,0	2
411,2	412,3	3

La recherche de M. Vogel (l. c.) a été faite avec le même appareil que les observations sur l'aurore boréale, et elle a été faite sur des gaz renfermés dans des tubes de Geissler qui avaient une partie large et une autre étroite. La détermination des lignes spectrales se faisait avec une grande exactitude, et l'examen a été fait sur la partie étroite du tube aussi bien que sur la partie large. Parmi les raies très-nombreuses pour chaque gaz que M. Vogel a observées, je ne m'arrêterai qu'à celles qui ont une corrélation avec celles du spectre de l'aurore boréale.

			Aurore boréale.
De l'azote dans le tube étroit....	662,0 621,3	Plusieurs lignes faibles et larges, l'une près de l'autre, qui deviennent plus distinctes à mesure qu'elles s'approchent du violet...	629,7

			Aurore boréale.
De l'azote dans le tube étroit....	560,7 556,7 553,2	Groupe de lignes larges, mais faibles, la dernière la plus claire........	556,9
Idem, idem..	538,9	....	539
De l'azote : La lumière autour du pôle négatif...	522,4	Ligne très-distincte....	523,3
De l'air raréfié et saturé de vapeur d'eau.	523,1	Raie faib'e..	
De l'oxygène : dans le tube étroit.	518,9	Assez distincte.......	518,9
dans le tube large.	518,9	Très-distincte........	
De l'hydrogène : dans le tube large.	518,7	Très-distincte.	
dans le tube étroit.	518,9	Assez distincte.	
De l'azote : La lumière au pôle négatif.........		Ligne distincte.	
De l'air (humide).	500,2	(bord incertain vers le rouge)	500,4
De l'azote : dans le tube étroit.	497,5	Ligne très-distincte....	495,9
De l'air raréfié et saturé de vapeur d'eau.	470,9 464,3	Passablement distincte.. Moins distincte que la précédente.........	469,4
De l'air ordinaire..	465,1 463,3	Des lignes faibles mal limitées.............	466,4 462,9 } 468,8
De l'azote : Dans la partie étroite du tube...	466,6	Ligne faible.	
Idem, idem..	464,4	Distincte, mais mal limitée.	
Dans la partie large du tube....	466,3	Ligne distincte.	
Dans la lumière autour du pôle...	470,4 464,6	Très-intensive, mais mal limitée vers le violet. Ligne très-faible.	
De l'oxygène : Dans la partie étroite du tube...	437,2	Passablement distincte.	

			Aurore boréale.
De l'hydrogène : Dans la partie étroite du tube...	434,2	Très-distincte.	
De l'azote : Dans la partie étroite du tube... Idem, idem..	436,3 435,7	Des lignes distinctes...	
Idem, idem..	434,5	Ligne distincte, bien limitée vers le rouge, inégale vers le violet....	
Dans la partie large du tube....	434,7	Ligne très-distincte....	435 à 436
Dans la lumière autour du pôle négatif.	434,6	Passablement distincte..	
De l'air ordinaire..	434,4	Appartenant à une bande lumineuse.........	
De l'air raréfié et saturé de vapeur d'eau.	435,8 434,1	Très-distincte........	
De l'azote : Dans la partie étroite du tube...	427,3	Ligne distincte, mal limitée vers le violet.	
Dans la partie large du tube....	427,3	Passablement distincte.	
Dans la lumière autour du pôle négatif.	427,3	Ligne passablement distincte.	

Par des raisons pratiques M. Vogel n'a pas étendu sa recherche plus loin qu'à G, mais il finit l'énumération des raies trouvées dans l'azote et l'air atmosphérique en ajoutant : « après ceci plusieurs lignes suivent. »

La ligne 411,2 doit correspondre à la ligne d'hydrogène *h* dont la longueur d'onde est 410,1 selon le « Spectre normal » de M. Angström, car avec l'incertitude qu'avait le pointement, une telle faute était très-possible, surtout lorsqu'on remarque que la ligne était large, et à bords mal limités.

Vu la nature qu'affectent les lignes brillantes du spectre de l'aurore boréale, on peut regarder la correspondance comme assez bonne. M. Vogel remarque que les gaz qui étaient renfermés dans les tubes n'étaient pas complétement purs et il trouve entre autres, que le courant qui ne pouvait pas faire rougir l'hydrogène dans la partie large du tube de ce gaz, produisait un spectre d'oxygène.

Dans le tube de l'azote on obtenait des lignes de l'oxygène et de l'hydrogène, produites probablement par de l'humidité.

Dans le tube à hydrogène on observa que, quand la fente fut transportée de la partie étroite du tube, au-dessus du point où elle était soudée à la partie large (du tube), le spectre subissait un changement graduel qui était le plus marqué au point d'union. Les trois raies distinctes et brillantes dans la partie étroite du tube $H\alpha$ ($\lambda = 6558$), $H\beta$ ($\lambda = 4861$) et $H\gamma$ ($\lambda = 4342$) disparurent et d'autres lignes les remplacèrent. M. Vogel est entièrement de l'opinion que les spectres des gaz subissent des changements considérables avec les modifications de pression et de température ; une question qui est très-discutée aujourd'hui dans la science et comme elle est de grande importance pour notre sujet, il faut que je la résume ici.

§ 6. Il est connu que Plücker et Hittorf, après des recherches minutieuses [1], admirent pour les gaz deux espèces de spectres différents, c'est-à-dire un spectre cannelé, soit de premier ordre, et un spectre à bandes lumineuses, soit de deuxième ordre, attribuant ce changement à la température du gaz.

Ces recherches sur les spectres des gaz furent reprises

[1] *Philos. Transact.*, 1865.

beaucoup plus tard par M. Wüllner[1] qui trouva d'abord pour l'oxygène, l'hydrogène et l'azote trois spectres différents, même pour ce dernier gaz jusqu'à quatre. Cependant ce fait fut nié par M. Angström à la suite de ses propres recherches[2]. M. Angström, qui avait déjà émis des doutes sur les résultats de Plücker, démontra que ceux de M. Wüllner peuvent être expliqués par des impuretés dans le gaz. Sans entrer dans tous les détails de cette discussion intéressante, qui n'est point étrangère aux lecteurs des *Archives*, je veux seulement rappeler que le Père Secchi trouva à peu près le même résultat que M. Wüllner, mais que, d'autre part, l'opinion de M. Angström a été soutenue par plusieurs savants[3], qui, à la suite de recherches nouvelles, nient entièrement l'existence de spectres de plusieurs ordres chez les gaz. Il semble cependant que la question approche de sa solution depuis que M. Wüllner a publié un nouveau mémoire, dans lequel il démontre, avec une parfaite clarté, selon moi, que les gaz ont trois ordres de spectres, un spectre cannelé ou spectre à bandes, un spectre à raies lumineuses et un spectre continu ; mais il voit maintenant la cause de ces différents spectres, non comme auparavant dans la différence de pression ou de température, mais dans la nature de la décharge électrique qui traverse le gaz : à savoir qu'une décharge continue donne un spectre de bandes, et une décharge disruptive un spectre à raies lu-

[1] *Annales de Pogg.*, Band CXXXV, 1868, et Band CXXXVII, 1869. — *Archives des Sciences*, t. XXXV, 1869, p. 191 ; t. XXXVI, p. 34 ; t. XXXVII, 1870, p. 262.

[2] *Comptes rendus* du 6 décembre 1869, tome LXIX, p. 1189. — *Comptes rendus* du 10 janvier 1870, tome LXX, p. 81-84.

[3] *Archives des Sciences physiques et natur.*, tome XXXVII, p. 265.

mineuses, qui se transforme à son tour en spectre continu lorsque la pression est beaucoup augmentée. M. Angström, de son côté, admet que les spectres des gaz changent avec la température et la pression, mais tout en gardant leur caractère général; suivant lui les raies peuvent s'affaiblir ou s'éteindre et de nouvelles raies se produire, ou bien les anciennes raies peuvent s'éteindre en partie tout en s'élargissant lorsque la pression augmente. Ces deux opinions ne se contredisent plus depuis la dernière découverte de M. Wüllner. Quant à moi, j'en suis convaincu, et j'en vois la preuve dans les réflexions très-plausibles dont M. Wüllner a fait suivre son mémoire en se basant sur les opinions prononcées par M. Zöllner [1].

Conformément aux idées émises par M. Zöllner lui-même, une couche plus épaisse de gaz incandescent doit donner un spectre à bandes à cause de la relation particulière qui existe entre les pouvoirs d'absorption et d'émission, et une couche très-mince doit, au contraire, donner un spectre à raies brillantes. En effet, il se produit dans un tube large et dans un gaz à faible pression un courant continu, qui se répand dans tout le tube et rend une très-grande partie de particules de gaz incandescentes; mais à une pression plus forte la décharge passe sous forme d'étincelle prenant le chemin le plus court à cause de la résistance qu'oppose le gaz, et il n'y a alors qu'une petite partie des particules du gaz qui rougissent.

A la suite de sa découverte de la raie rouge de la lumière polaire, M. Zöllner fait une réflexion théorique très-intéressante sur le spectre de ce phénomène. La formule pour la clarté E d'une raie spectrale d'une certaine longueur d'ondes λ est :

[1] *Annales de Poggend.*, Band CXLII, 1871.

$$E = \left[1 - (1 - A\lambda)^{m\sigma'}\right] \frac{E\lambda}{A\lambda}$$

où $A\lambda$ et $E\lambda$ signifient le pouvoir d'absorption et d'émission d'une couche de gaz dont l'épaisseur et la densité sont toutes les deux $= 1$, et m et σ' l'épaisseur et la densité du gaz lumineux. Il s'en suit que E, pour un gaz d'une certaine température est dépendant du produit $m\sigma'$, c'est-à-dire de l'épaisseur et de la densité de la couche de gaz rayonnant. En comparant maintenant le phénomène qui se montre lors de la décharge dans un tube de Geissler au phénomène de l'aurore boréale, on trouve que, pour produire les mêmes spectres à la même température, il faut que l'air ait une densité de seulement 0,00005 de celle du gaz dans le tube, prise comme 50 millim. de pression et 1 millim. d'épaisseur, si la couche d'air lumineux de l'aurore boréale n'a que l'épaisseur d'un kilomètre. Ce faible degré de densité fait supposer pour l'aurore boréale une hauteur extraordinaire, ce qui est contredit par des faits observés au nord. Puisqu'un tube de Geissler, malgré le peu de densité et d'épaisseur du gaz qu'il renferme, montre sous l'action de la décharge électrique un spectre au moins aussi distinct que celui de l'aurore boréale, le pouvoir d'émission de ce gaz doit être excessivement augmenté, et cette augmentation a sa cause dans la haute température ; dans les régions basses de l'atmosphère l'épaisseur de la couche lumineuse de l'aurore boréale est probablement beaucoup plus grande que d'un kilomètre. La lumière dans l'aurore boréale étant produite par des particules d'air incandescentes dans l'atmosphère, lesquelles donnent un spectre, la température à laquelle elles rougissent doit être beaucoup plus

basse que celle à laquelle rougissent les gaz dans les tubes de Geissler pour produire les mêmes lignes. Le spectre que l'on observe dans un tube de Geissler ne peut donc pas correspondre entièrement avec ceux de l'aurore boréale, parce que les circonstances qui marquent ce phénomène ne peuvent pas être produites artificiellement.

C'est dans cette variabilité des spectres des gaz avec la décharge qu'on doit chercher la cause pour laquelle l'aurore boréale, comme décharge électrique, ne donne pas toutes les lignes qui appartiennent au gaz dans lequel elle se développe, et la cause de la variabilité de ce spectre, comme nous l'avons déjà dit plus haut.

On peut donc sans hésitation supposer que les raies observées dans le spectre de l'aurore boréale se confondent avec les raies que l'on peut produire chez les gaz, par lesquels passe la décharge, en prenant toutefois en considération les circonstances particulières qui existent dans l'aurore boréale. Il pourrait y avoir quelque doute concernant la raie la plus lumineuse ou celle que M. Angström a découverte le premier. Selon M. Vogel il se montre dans le gaz azote un groupe de raies faibles de cette longueur d'ondes, et son grand éclat dans l'aurore boréale pourrait être expliqué par la variabilité des spectres des gaz. A cela M. Angström objecte qu'elle ne ressemble à aucune ligne spectrale connue jusqu'à présent; il n'y a que des expériences directes qui pourraient résoudre cette question. La ligne spectrale de l'aurore boréale dont la longueur d'ondes est 5002, semble se confondre avec la ligne d'azote trouvée dans les nébuleuses, de même qu'on a voulu, à cause de la coïncidence dans leur position identifier trois raies de l'aurore boréale avec celles de la couronne solaire. La ligne dans le rouge

semble se confondre avec un groupe dans l'azote, que M. Vogel trouve être le plus clair du côté du spectre où la dite ligne a été trouvée. Les autres lignes correspondent en partie avec celles de l'oxygène et de l'hydrogène, et en partie avec celles de l'air humide. Aussi dans le spectre de l'air, exposé par MM. Thalén et Angström, la plupart des lignes ont leurs correspondantes.

Outre la comparaison du spectre de l'aurore avec ceux des gaz, M. Vogel en fait une avec celui du fer, qui selon lui, n'aura son application que lorsqu'on aura pu prouver la variabilité dans le spectre du fer. Cette question est à reprendre. Cette comparaison gagnait néanmoins de l'intérêt depuis que M. Ad. Nordenskjöld a énoncé l'opinion qu'il existe dans l'univers et dans notre atmosphère une poussière de fer répandue partout. Cette question sera probablement résolue par l'expédition polaire de l'année passée[1]. La comparaison est d'ailleurs très-satisfaisante; l'atlas de M. Thalén donne aussi une ligne pour le fer à 411,7 et une autre à 425,0.

§ 7. En examinant de plus près les différentes circonstances sous lesquelles le spectre de l'aurore boréale a été observé, on est presque forcé d'attribuer à ce phénomène deux ou même trois spectres différents qui peuvent cependant se confondre en quelques occasions. Cette opinion a déjà été énoncée par l'observateur de Saint-Mary-Church et presque toutes les observations que j'ai pu faire parlent en sa faveur. Ces spectres dépendent du caractère différent de la décharge électrique.

Les différents spectres sont:

1° La raie jaune et les suivantes jusqu'à F.

[1] L'opinion de M. Nordenskjöld a été complétement confirmée par cette expédition.

2° La raie rouge avec le spectre précédent en partie affaibli.

3° Les bandes violettes avec le n° 1.

Le premier spectre, qui souvent ne consiste qu'en la raie jaune, appartient à l'arc de lumière boréale diffus et aux phénomènes lumineux très-faibles qui s'observent autour des cimes de montagnes et à la surface de la terre, tels que nous les avons décrits. Il se montre aussi lorsque la décharge de l'aurore boréale s'élève au-dessus de l'arc sous forme de larges jets de lumière.

Le second spectre paraît, quand l'aurore boréale a l'apparence d'une large flamme rouge;

Et le troisième spectre apparaît presque toujours dans les rayons de diverses couleurs, surtout lorsque ceux-là se joignent avec un vif éclat et forment la couronne.

La cause de la différence de ces spectres doit être cherchée dans la qualité de la décharge électrique qui de son côté dépend de la tension de l'électricité et du pouvoir conducteur du milieu. Que l'on s'imagine dans les plus hautes régions de l'atmosphère une certaine quantité d'électricité qui a atteint une tension exigeant un écoulement vers la terre, celui-ci peut avoir lieu ou sous forme d'étincelle ou sous forme de décharge lente. Si l'isolation est bonne, le premier cas a lieu et l'on voit un éclair, mais si elle est imparfaite, il se produit une décharge électrique analogue à celle qui a lieu dans de l'air raréfié. Il n'est point dit que cet écoulement reste le même pendant tout le temps qu'il a lieu, car de même que l'éclair passe d'une couche de nuages à une autre, de même il faut supposer que la décharge lente dans l'aurore boréale peut passer d'une couche d'air à une autre. Il suit de la pression variable et de l'humidité de l'atmosphère qu'elle peut

rencontrer en son chemin des milieux d'un pouvoir conducteur très-différent et que cette différence peut changer d'une manière essentielle le caractère de la décharge. Dans les plus basses régions de l'atmosphère cette décharge doit se faire avec plus ou moins de difficulté, selon que le degré d'humidité est grand ou petit, mais plus elle s'approche de la terre, plus elle doit se propager facilement, et, quant au spectre, cette circonstance remplace en un certain degré le pouvoir conducteur. Cette décharge se fait ici par un nombre infini d'étincelles très-petites qui passent de molécule en molécule, et selon les observations de M. Wüllner, il doit se produire alors un spectre à raies. Par cette raison la flamme diffuse de l'aurore boréale donne toujours un spectre à raies.

Le pouvoir conducteur qui dépend principalement de l'humidité devient d'autant meilleur, que la décharge se fait plus haut. A cause de la diminution de la température avec l'altitude, il peut arriver que l'humidité ait pris une forme solide et alors la décharge se fait par des étincelles qui passent d'un cristal de glace à un autre, et de là il arrive que la décharge peut garder, à une hauteur relativement considérable, le même caractère que dans les plus basses régions ; mais le pouvoir conducteur étant en général plus grand, elle se fait avec plus de facilité et forme des rayons sous l'influence du magnétisme. Quant au spectre il garde son caractère, mais devient plus éclatant.

Quand la pression et la densité de l'atmosphère diminuent, le pouvoir conducteur devient meilleur et le courant électrique acquiert une plus grande intensité en prenant peu à peu une forme continue. C'est pourquoi l'on voit très-rarement autour de la couronne des rayons bien marqués, mais une lumière douce plus ou moins striée.

Dans cette lumière se montrent les différentes couleurs qu'on trouve en partie dans les rayons. Le spectre prend maintenant un caractère qui s'approche de la forme des bandes, tandis que celui qui appartenait à la première espèce de décharge se conserve. Le caractère des bandes se montre dans l'apparition des larges lignes violettes.

Une espèce particulière de décharge est celle qui se produit en forme de flammes rouges, qui ont presque perdu le caractère de rayons. Les flammes donnent la ligne spectrale rouge, tandis qu'une partie de l'autre spectre s'affaiblit, surtout la ligne jaune caractéristique; les bandes violettes disparaissent entièrement.

Toutes les observations que j'ai faites en Laponie parlent en faveur des opinions exposées plus haut; les observations d'autres savants s'accordent avec celles-là. Après le retour de Laponie, surtout pendant l'hiver de 1872, j'ai suivi avec attention tous les phénomènes d'aurore boréale dans nos contrées et toujours avec les mêmes résultats. L'arc diffus ne donne pas d'autre réaction que la ligne jaune, et, comme l'a remarqué M. Angström, ce n'est qu'à une très-haute intensité que l'on voit de faibles traces de trois autres lignes. Vers le 12 ou 15 avril, on vit, à Helsingfors, par exemple, des aurores boréales qui atteignaient un très-vif éclat, sans qu'on put remarquer d'autres réactions que cette raie, quoique la lumière eût pris un soir le caractère de larges flammes d'un jaune clair s'étendant jusqu'au zénith avec une vivacité extraordinaire. En revanche, j'ai observé au milieu du mois de décembre 1872, une aurore boréale brillante qui finissait par une très-belle couronne. Le spectre montra alors une telle intensité que je pus observer cinq raies, j'aurais pu les déterminer par leurs longueurs d'ondes,

mais mon instrument n'était pas achevé. Cependant, je n'ai pu observer aucune réaction spectrale dans le violet, non plus dans le rouge quoiqu'elles eussent dû apparaître, ce qui prouve ou que ces espèces de lumières n'existaient point ou que l'instrument était trop faible.

Outre cela, il faisait cette fois-là clair de lune, ce qui nuisait à l'observation. A cause de cela, j'adaptai à mon instrument une lentille collimateur cylindrique, mais depuis ce temps aucune aurore boréale d'aussi grande intensité n'est apparue.

En terminant, je vais résumer comme suit les résultats acquis sur le point qui nous occupe, tant par les travaux d'autres savants que par mes propres recherches.

1° Les phénomènes de lumière, pâles et flamboyants, que l'on voit parfois autour des cimes des montagnes du Spitzberg, se montrent aussi en Laponie et sont de la même nature que l'aurore boréale;

2° Des phénomènes du même genre, quoiqu'un peu différents, ont été observés dans d'autres contrées de la terre, et cela prouve que des décharges électriques de la nature de l'aurore boréale peuvent avoir lieu ailleurs que dans les régions arctiques;

3° Le spectroscope est le moyen le plus sûr pour constater, dans des cas douteux, l'espèce de ces phénomènes;

4° Dans les contrées polaires la décharge électrique du tonnerre se passe plus bas dans l'atmosphère qu'ailleurs;

5° Les courants électriques qui se développent dans la terre quand l'aurore boréale a lieu ne sont pas des phé-

nomènes d'induction occasionnés par celle-là, au moins pas dans les régions septentrionales. S'ils ne sont pas causés par le courant même qui naît par le transport de l'électricité des plus hautes régions de l'atmosphère vers la terre, il faut en chercher la cause dans des perturbations du courant terrestre;

6° Selon toute probabilité, le courant de la lumière polaire doit pouvoir agir sur le galvanomètre, pourvu que l'appareil qui rassemble l'électricité soit assez grand, ou placé bien haut dans l'atmosphère;

7° Dans la règle, l'électricité positive de la lumière boréale va du haut en bas;

8° La couronne de l'aurore boréale n'est pas seulement un phénomène de perspective, mais les rayons subissent une véritable courbure;

9° Dans le spectre de l'aurore boréale il y a, en tout, neuf raies qui, selon toute probabilité, se confondent avec les lignes que donnent les gaz qui composent l'air.

10° Le spectre de l'aurore boréale peut être rapporté à trois types différents qui dépendent du caractère de la décharge même.

SUR LA

POLARISATION GALVANIQUE

DANS

DES LIQUIDES DÉPOURVUS DE GAZ

PAR

M. H. HELMHOLTZ[1]

(Communiqué à l'Académie des Sciences de Berlin.)

(TRADUCTION)

Je désire exposer ici les résultats d'une série d'expériences que j'ai faites sur la polarisation galvanique du platine. Vu l'étendue de ce travail, on me pardonnera si je laisse de côté, pour le moment, un certain nombre de questions secondaires qui se rattachent à mon sujet.

On sait que, lorsque le circuit d'une pile de Daniell, zinc et cuivre, est fermé par un appareil à décomposer l'eau, muni d'électrodes de platine, il se produit un courant qui décroît ensuite très-rapidement, mais subsiste encore, quoique très-affaibli, au bout d'un temps très-long. Nous appellerons ce courant le courant *polariseur*. Si ensuite on sort l'appareil à décomposer l'eau du circuit, et qu'on relie ses électrodes à un voltamètre, on obtient un autre courant, le courant *dépolariseur* qui est de sens opposé au précédent, et présente au début une assez grande intensité, mais s'affaiblit promptement au point de devenir insensible.

[1] *H. Helmholtz*, Ueber galvanische Polarisation in gasfreien Flüssigkeiten, *Poggend. Annalen*, 1873, tome CL, p. 483.

C'est cette expérience si simple qui a fait l'objet de mes recherches. La question à élucider était celle-ci : A quoi tient la durée, en apparence illimitée, du courant polariseur ? Dans un circuit, comme celui qui vient d'être décrit, on ne peut pas admettre qu'il y ait conductibilité électrolytique (suivant la loi de Faraday) sans admettre aussi *qu'il s'accomplit en même temps une autre modification dans le circuit*, ou bien le principe de la conservation de la force ne serait plus vrai dans ce cas. En effet, s'il n'y a pas ici dépense d'autres équivalents d'énergie potentielle, il faut que dans un circuit de cette nature l'équivalent mécanique de la chaleur dégagée par le courant soit équivalent au travail des forces chimiques en jeu dans l'électrolyse. Or, ce dernier est négatif[1], si la décomposition s'accomplit suivant la loi de l'équivalent électrolytique, et ne peut, par conséquent, pas être égal à un travail calorifique positif, à exécuter par le courant. Si donc la décomposition électrolytique, suivant la loi de Faraday, est seule en jeu, il est impossible qu'un seul élément de Daniell entretienne d'une manière continue la décomposition de l'eau, quelque faiblement que ce soit. En fait on n'observe aucun dégagement gazeux dans l'expérience qui nous occupe, quel que soit le temps que dure le courant.

[1] D'après Andrews, 1 gramme d'hydrogène se combinant à l'état d'eau avec l'oxygène dégage 33808 unités de chaleur, d'après Favre et Silbermann 34462. Dans la pile de Daniell, pour chaque gramme d'hydrogène, il se dissout 32gr,5 de zinc, et il se précipite une quantité équivalente de cuivre métallique. Cette quantité de zinc, suivant Favre, ne produit dans la décomposition du sulfate de cuivre que 23205 unités de chaleur. De là il suit qu'il faut une force électromotrice de 1 $^1/_2$ Daniell au moins pour produire, même très-faiblement, la décomposition de l'eau.

Or, il importe de remarquer que les molécules d'hydrogène et d'oxygène condensées à la surface des deux plaques de platine, lors de la polarisation, ne peuvent pas reprendre leur liberté par diffusion ou par un phénomène analogue; et s'éloigner purement et simplement des électrodes sans autre effet électrique. Une action de ce genre aurait finalement toujours comme résultat une décomposition de l'eau, pour laquelle il ne se trouverait pas dans le couple de Daniell une force active équivalente. Ce qui est le plus probable, c'est que la polarisation des électrodes résulte d'une modification particulière, apportée au groupement des molécules d'hydrogène et d'oxygène, soit dans l'intérieur de la masse liquide, soit à la surface de contact avec les électrodes. S'il en est ainsi, ces molécules doivent en tout cas être maintenues dans leur nouvelle position par des forces attractives (chimiques ou électriques), jusqu'à ce que d'autres forces entrent en jeu pour leur rendre de nouveau la liberté. En vertu du principe de la conservation de la force et quelle que soit la relation qui existe entre les forces attractives chimiques et électriques, une force électrique attractive, dont le potentiel est assez fort pour surmonter l'affinité chimique, ne pourra être vaincue à son tour que par une force au moins équivalente, qui rendra aux particules la faculté de se mouvoir librement dans le liquide.

Or, la force électromotrice de l'élément de Daniell ne produit pas, il est vrai, de décomposition apparente, mais bien une polarisation qui constitue une somme de travail déterminée ; car les plaques polarisées sont capables, une fois séparées de l'élément galvanique polariseur, de donner naissance elles-mêmes, pour un certain temps, à un courant électrique, par conséquent, de dégager de la chaleur dans

un fil conducteur et d'effectuer tout autre travail que pourrait produire un courant quelconque. La polarisation résulte, selon toute probabilité, d'une modification dans la distribution des atomes pondérables et des électricités dans l'intérieur de l'appareil de décomposition et sur ses électrodes. Il n'y a pas lieu pour nous de formuler encore aucune hypothèse sur la nature particulière de cette modification, tant que nous n'envisageons que la valeur absolue du travail développé. L'état de polarisation doit être considéré comme un nouvel état d'équilibre vers lequel tend le liquide décomposé sous l'influence de l'électrisation des électrodes. Lorsque l'électricité accumulée dans les électrodes peut se décharger, l'appareil de décomposition tend, au contraire, à revenir à l'état d'équilibre électrique neutre ; or, un déplacement d'équilibre dans un système de corps limité, comme l'est un appareil de décomposition, ne nécessite jamais qu'un travail fini ; la polarisation ne pourra donc jamais produire qu'un courant fini ou un courant dont l'intensité se rapproche asymptotiquement de 0, et le courant polariseur ne peut donner en tout cas qu'une quantité d'électricité exactement égale à celle que le courant dépolariseur développe en sens inverse.

Dans les conditions expérimentales où ceci se réalise, et mes expériences prouvent qu'avec des liquides et des électrodes dépourvus de gaz on peut se rapprocher beaucoup de cet état de choses, l'appareil de décomposition joue le rôle d'un condensateur de très-grande capacité. En fait, si l'on s'imagine l'oxygène d'une des électrodes chargé négativement et l'hydrogène de l'autre électrode chargé positivement, très-rapprochés l'un de l'autre, mais sans qu'il puisse y avoir passage d'électricité entre

l'électrode et la couche gazeuse qui l'enveloppe, une quantité équivalente d'électricité de nom contraire s'accumulera sur l'électrode même. Chaque électrode formera alors, avec le liquide qui la mouille, un condensateur à couche isolante de très-faible épaisseur, jouissant, par conséquent, d'une énorme capacité. Cette analogie entre une électrode polarisée et un condensateur a été indiquée récemment par M. Varley[1] et par M. Maxwell[2].

Les effets produits par l'introduction d'une paire d'électrodes polarisables dans un circuit se rapprochent beaucoup, en effet, dans leurs traits essentiels de ceux que donne un condensateur de très-grande capacité. Le courant polariseur est celui qui charge le condensateur, le courant dépolariseur, celui qui le décharge; seulement il faut attribuer à ce condensateur une capacité telle que le temps nécessaire pour qu'il se charge et décharge soit appréciable, c'est-à-dire de plusieurs secondes ou minutes. M. Varley a cherché à mesurer la capacité d'un condensateur de ce genre; néanmoins on verra par ce qui suit que si l'on ne prend pas dans ces expériences des précautions toutes particulières, il survient d'autres circonstances qui y jouent un rôle important et peuvent en altérer très-notablement le résultat final.

Un système d'électrodes polarisées diffère d'un condensateur bien isolé en ce que le courant qui charge l'appareil a une durée beaucoup plus longue que celui qui le décharge, diminue plus lentement que ce dernier, et n'a pas de fin. Sous ce rapport un appareil de décomposition avec plaques de platine polarisées, ressemble à un

[1] *Proceed. of the Royal Society*, 12 janvier 1871.

[2] *A Treatise on Electricity and magnetism.* Oxford, 1873, vol. I, p. 322.

condensateur avec couche intermédiaire peu isolante, et le résidu d'électricité, qu'on observe dans un condensateur de ce genre, a son correspondant dans l'accroissement que la polarisation subit à nouveau après chaque interruption du courant polariseur.

On est tenté d'attribuer la durée, en quelque sorte indéfinie du courant polariseur, à la même cause que la persistance du courant qui charge un condensateur mal isolé, c'est-à-dire, à l'existence dans les liquides électrolysables d'une très-faible conductibilité comparable à celle des métaux, ce qui constituerait une restriction à la loi de Faraday. Avant d'adopter cette conclusion, il importe de s'assurer s'il ne s'accomplit pas dans le liquide ou dans les électrodes d'autres modifications de nature à produire le même effet. Et ici il importe de prendre avant tout en considération le rôle que pourraient jouer les gaz dissouts dans le liquide ou retenus par occlusion dans les électrodes, suivant la découverte de Graham.

On sait que la polarisation d'une plaque de platine qui a servi d'électrode négative, dans un appareil de décomposition, diminue ou cesse par le contact avec l'oxygène de l'air, par l'immersion dans de l'eau tenant de l'air en dissolution, ou dans des liquides contenant l'oxygène à l'état de combinaison, mais pouvant l'abandonner à l'hydrogène.

Il en est de même de la polarisation d'une plaque de platine par l'oxygène, lorsque cette plaque est mise en contact avec de l'eau renfermant de l'hydrogène en dissolution ou avec d'autres combinaisons chimiques susceptibles de fixer l'oxygène.

De plus, Graham a montré que le platine possède, comme le palladium, quoiqu'à un degré inférieur, la pro-

priété de fixer l'hydrogène dans l'intérieur de sa masse. Il n'a pu, il est vrai, établir directement que l'oxygène, qui est si fort absorbé par l'argent fondu, le soit par le platine. Néanmoins, les expériences de polarisation que nous allons décrire semblent indiquer que l'oxygène se comporte en ceci comme l'hydrogène, sauf que la quantité d'oxygène retenue par occlusion est plus faible que celle d'hydrogène.

Lors donc qu'un courant électrique traverse un appareil de décomposition dont le liquide renferme de l'hydrogène en dissolution, ou dont les électrodes de platine retiennent de l'hydrogène par occlusion, il arrive que l'oxygène, amené à une des électrodes par le courant, se recombine à l'état d'eau en dépensant une quantité équivalente de l'hydrogène dissout ou de l'hydrogène retenu par occlusion. D'autre part, à la place de cet hydrogène libre (du moins non combiné avec l'oxygène), il devra se produire à l'autre électrode une quantité équivalente d'hydrogène électrolytique qui se dissoudra dans l'eau, ou si elle en a le temps et la place, pénétrera dans l'intérieur du platine. Quoiqu'il y ait dans ce cas électrolyse, les deux produits de cette électrolyse ne sont point apparents. Le résultat final est simplement qu'il disparaît de l'hydrogène libre à une des électrodes, tandis que la proportion de ce gaz augmente à l'autre électrode. Qu'on me permette d'introduire ici un terme nouveau, et de donner à ce phénomène, qui joue un rôle prépondérant pour les courants de polarisation, le nom de *convection électrolytique.* La force électromotrice qui donne naissance au courant dans ce cas n'a pas à vaincre l'affinité chimique de l'hydrogène et de l'oxygène comme dans le cas où l'eau doit être réellement décomposée en ses deux éléments. Aussi la

convection électrolytique peut-elle être entretenue par une force électromotrice très-faible qui ne serait pas suffisante pour produire la décomposition de l'eau, par exemple par la force électromotrice d'un seul élément de Daniell.

Il en est de même lorsque le liquide renferme de l'oxygène dissous, ou que les électrodes de platine retiennent de l'oxygène par occlusion. Par suite de la convection électrolytique, l'oxygène diminue d'un côté et il s'en développe une quantité égale de l'autre côté.

L'hydrogène ou l'oxygène, rendu libre de la sorte à l'une des électrodes, par suite de la convection, en tant qu'il n'est pas fixé dans son intérieur par occlusion, peut diffuser librement dans le liquide; il peut être emmené par les courants qui se produisent dans ce liquide, et même, lorsque ce dernier en est saturé, il peut se dégager sous forme de gaz, comme dans l'électrolyse proprement dite. En se diffusant dans le liquide, il pourra aussi parvenir à l'autre électrode, pour retomber de nouveau sous l'action de la convection, et de la sorte entretenir, dans une certaine mesure, un courant électrique ininterrompu.

Un élément de Daniell peut donc entretenir un courant faible, indéfiniment prolongé, dans un appareil à décomposer l'eau avec électrodes de platine. Il le peut, nonseulement lorsque le liquide est en contact avec l'air, mais même lorsqu'il se trouve dans un espace absolument fermé et vide, en tant que ses électrodes sont saturées d'oxygène et que le liquide renferme de l'oxygène en dissolution.

L'appareil que j'ai employé à ces recherches était un voltamètre, fermé hermétiquement, et relié à une pompe pneumatique à mercure. Ce voltamètre renfermait deux

grandes plaques de platine enroulées en cylindres, présentant une surface de 180 à 300 centimètres carrés de surface, et se prolongeant à l'extérieur par deux fils de platine soudés à leur extrémité. Le liquide du voltamètre reposait sur le mercure de la pompe avec lequel il était élevé et abaissé, tandis que les gaz qui s'accumulaient au-dessus de la surface du liquide étaient constamment aspirés. On maintenait de la sorte, au-dessus du liquide, un espace raréfié, ne contenant absolument que de la vapeur d'eau, et on débarrassait le liquide, au fur et à mesure, de toute trace de gaz qu'il pouvait contenir.

On sature les plaques d'oxygène en produisant pendant plusieurs jours un dégagement de ce gaz à leur surface. Cela a lieu au moyen d'un faible courant qu'on fait passer entre la plaque et un fil de platine servant d'électrode négative qu'on introduit dans l'eau où plonge la plaque. J'ai vu se prolonger pendant des semaines un courant entretenu uniquement par convection électrolytique, au moyen d'une provision d'oxygène limitée et dans un liquide enfermé hermétiquement. Un fait à noter, c'est que tout mouvement du liquide, en particulier les courants produits dans son intérieur par des différences de température, renforcent notablement le courant, lorsque ce liquide renferme des gaz en dissolution, tandis que dans les liquides dépourvus de gaz, ce fait ne se produit pas ou presque pas.

Cet effet s'observe d'une manière beaucoup plus marquée avec l'hydrogène qu'avec l'oxygène, parce que le premier peut s'accumuler en très-grande quantité dans les plaques de platine. Lorsque les plaques et le liquide sont suffisamment saturés d'hydrogène, produit par électrolyse, l'appareil de décomposition se comporte pour des courants

faibles pendant plusieurs heures et plusieurs jours même, comme un élément impolarisable, comme cela aurait lieu pour des électrodes d'argent plongeant dans une dissolution d'argent. Quand même cet appareil, saturé d'hydrogène, est introduit dans un circuit, on peut faire dans ce dernier des mesures de résistance de la plus grande précision, et après, lorsque le courant de pile qui le traversait est arrêté, elle donne à peine une trace de polarisation. Jusqu'ici j'ai obtenu de meilleurs résultats pour cette saturation d'hydrogène en employant de l'acide sulfurique dilué, comme liquide électrolytique, que de l'eau distillée.

Le courant cesse néanmoins d'être constant lorsque l'hydrogène, par suite de sa convection, commence à devenir rare à une des électrodes.

Dans ces conditions, on peut encore arriver parfois, sous l'action d'un seul élément de Daniell, bon conducteur, à observer un dégagement gazeux d'hydrogène sur la plaque à laquelle il est conduit par le courant, par conséquent, une décomposition d'eau apparente. D'autres observateurs ont déjà signalé ce fait, mais sans déterminer les conditions dans lesquelles il se produit.

Les choses ne sont pas sensiblement modifiées lorsque, sans changer l'état de saturation des électrodes, on dépouille entièrement d'air le liquide électrolytique, et cela en le maintenant plusieurs semaines dans le vide de la pompe à mercure. J'ai réussi à extraire si bien toute trace d'air dissout d'une dissolution aqueuse très-diluée d'acide sulfurique, qu'elle ne se séparait plus de la partie supérieure du réservoir de la pompe lorsqu'on en abaissait le mercure, elle ne se rompait même pas sous la pression négative d'une colonne de mercure de 60^{mm} de hauteur. Avec l'eau distillée je suis arrivé à évacuer suffisamment

l'air pour qu'il ne s'en dégage plus une quantité sensible pendant un temps prolongé, au point que les quantités d'air qui pouvaient encore se dégager de l'eau distillée dans l'espace vide qui le surmontait, et dont le volume n'était que le sixième de celui du liquide, n'arrivaient pas, pendant trois ou quatre jours, à élever la pression d'une manière appréciable.

Même dans ces circonstances il se produisait encore, lorsque les plaques étaient abondamment chargées d'un des deux gaz, des courants qui pouvaient durer plusieurs jours, mais qui cependant finissaient par tomber à une intensité presque nulle.

Le multiplicateur employé pour ces recherches marquait un degré de déviation, lorsqu'il était parcouru par un courant capable de faire dégager 0,03 centimètres cubes d'hydrogène en vingt-quatre heures. Un second point qui diffère ici du cas d'un liquide contenant des gaz en dissolution, c'est, comme nous l'avons dit, qu'il ne se produit plus d'augmentation du courant par suite de l'agitation du liquide.

En revanche, l'influence du gaz retenu par occlusion dans les plaques se montrait dans ce cas très-clairement lorsqu'on changeait la quantité de gaz qui y était condensée. Pour cela, je prenais des plaques préalablement chargées d'oxygène, reliées par un conducteur, et j'y faisais arriver de petites quantités d'hydrogène produit par voie électrolytique. La seconde électrode était du mercure renfermant de l'amalgame de zinc, le liquide électrolytique était de l'eau distillée. Plus l'opération était répétée souvent, plus le courant qu'un élément de Daniell produisait dans un voltamètre et le courant de dépolarisation qui le suivait étaient courts. Des degrés d'inten-

sité, dont l'intervalle était franchi en vingt-quatre heures lorsque la provision d'oxygène était abondante, se trouvaient finalement parcourus en dix-huit minutes avec des plaques aussi bien nettoyées que possible. Si une fois, ce point atteint, je faisais arriver encore de l'hydrogène aux plaques, la durée du courant variait de nouveau, parce qu'à partir de là il se produisait une charge d'hydrogène. D'ailleurs je ne crois pas avoir atteint encore le minimum de la charge de gaz des plaques, parce que, même pour la plus courte durée de courant que j'ai obtenue, il y avait encore une petite différence entre la durée du courant polariseur et du courant dépolariseur, à l'avantage du premier qui se prolonge un peu plus longtemps. Mais c'est un travail très-fastidieux que de produire ce minimum, parce que les gaz pénètrent avec une excessive lenteur dans l'intérieur de la masse métallique, lorsqu'ils ne sont pas poussés par une force électromotrice extérieure; aussi cela prend-il beaucoup de temps d'en chasser les dernières traces.

Pour montrer la lenteur de ce déplacement du gaz, j'ajouterai encore ceci : des plaques de platine polarisées, plongées dans des liquides renfermant de l'air en dissolution, perdent en apparence leur polarisation en peu d'heures et même en peu de minutes lorsqu'elles sont reliées entre elles par un conducteur. C'est sur ce fait, par exemple, que reposait l'emploi des électrodes polarisables de M. DuBois-Reymond pour des expériences d'électricité animale. En revanche, dans un liquide dépourvu de gaz, la polarisation s'affaiblit d'abord très-vite, puis très-lentement. Dans un cas semblable, j'ai observé pendant seize jours le courant dépolariseur au multiplicateur. On a pu conclure, des équivalents électrolytiques du cou-

rant employé primitivement pour la polarisation des plaques et de l'intensité que possédait encore le courant dépolariseur, qu'il aurait dû s'écouler encore plusieurs mois avant qu'un courant aussi faible eût détruit la charge du gaz.

Les circonstances qui, dans le polariseur, ressemblent au résidu dans une bouteille de Leyde, s'expliquent par l'occlusion des gaz. Lorsque de l'hydrogène a été condensé sur une plaque de platine, et qu'on arrête le courant pendant quelques secondes, le gaz a le temps, pendant cette interruption, de pénétrer plus avant dans la masse du métal, et sa densité diminue dans les couches superficielles. Si l'on ferme ensuite de nouveau le circuit, la résistance opposée à une nouvelle absorption en est diminuée et le courant pourra être plus fort. Par contre, le courant de dépolarisation enlève le gaz des couches supérieures ; lorsqu'on l'interrompt, l'hydrogène, qui vient lentement de l'intérieur, a le temps de s'accumuler à la surface, ce qui augmente la polarisation. On sait que derrière une polarisation d'oxygène, il peut se trouver simultanément, dans une plaque de platine, une polarisation d'hydrogène plus ancienne qui apparaît seulement lorsque l'autre a cessé et *vice-versa*.

Autant que j'en puis juger jusqu'ici, les faits de l'ordre de ceux qui viennent de nous occuper s'expliquent sans difficulté si on admet, pour la propagation dans les métaux des gaz qui y sont retenus par occlusion, les mêmes lois que pour la conductibilité calorifique.

Je remarque enfin que dans ce cas, après que le courant conducteur s'est écarté, c'est-à-dire après que les quantités d'électricité fixées à la surface des plaques se sont déchargées, il ne peut plus se développer de nouveau

courant que par l'afflux de nouvelles quantités de gaz venant de l'intérieur à la surface du métal. Quand même ce mouvement ne s'accomplit que très-lentement, l'intensité du courant dans le circuit n'en devient pas moins indépendante de sa résistance. En effet, dans mes expériences l'introduction dans le circuit de 20 à 60 milles de fil télégraphique faisait diminuer pendant quelques secondes la déviation de l'aiguille du multiplicateur, mais ne l'empêchait pas de revenir bientôt à sa valeur première. La résistance du milieu du circuit équivalait environ à deux milles de ce fil; les intensités fixes du courant obtenues dans le circuit, lors de ce changement de résistance, semblaient indiquer qu'il se produisait à la surface des plaques une résistance au passage, à côté de laquelle les 40 ou 60 milles de platine sont négligeables. Cette grande résistance apparente n'existait que par le courant en ligne droite tel qu'on l'avait là, mais là où on faisait passer un courant en sens inverse, il n'y avait plus aucune trace d'une résistance de ce genre. Ceci ne s'applique pas seulement aux électrodes de platine, qui sont presque polarisées au maximum, mais aussi à celles qui se sont presque complétement dépolarisées, et se sont, par conséquent, rapprochées, autant que possible, de leur état normal.

REVISION DES ECHINIDES

PAR

M. ALEXANDRE AGASSIZ

3me ET 4me PARTIE.

(Illustrated Catalogue of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College, n° 7.)

J'ai déjà rendu compte l'année dernière, dans ce recueil[1], des deux premières parties de l'ouvrage de M. Al. Agassiz sur les Échinides de l'époque actuelle. Ce magnifique livre est maintenant entièrement terminé. Il comprend 762 pages in-4° avec 94 planches, en bonne partie photographiées, et 69 gravures sur bois.

Je n'ai pas à revenir ici sur la première partie, qui renferme toutes les notions relatives à la synonymie et à la distribution géographique des espèces, ainsi qu'une liste générale de toutes celles qui ont été adoptées et reconnues valables par M. Agassiz.

La seconde partie est consacrée à la description des Échinides de la côte orientale des États-Unis.

La troisième partie, qui a paru en 1873, renferme la description détaillée de toutes les espèces d'Échinides connues, déjà mentionnées dans la liste générale de la première partie et non décrites dans la seconde. Les descriptions de M. Agassiz, faites avec le plus grand soin, avec la dernière exactitude et accompagnées de planches qui renferment des figures de presque toutes les espèces, nous font connaître, avec toute la précision désirable, l'ensemble de la faune échinitique qui peuple les mers actuelles. Un bon nombre des espèces décrites ne l'avaient jamais

[1] *Archives des Sciences phys. et natur.*, 1873, t. XLVIII, p. 19.

été d'une manière suffisante et étaient fort mal connues.

La quatrième partie traite de la structure du test des oursins, de leur anatomie et de leur embryologie. Malheureusement plusieurs planches et un manuscrit contenant de nombreux détails sur l'anatomie du *Toxopneustes Drobachiensis* et de l'*Échinarachnius parma*, représentant les deux grandes divisions des Échinides, fruit du travail de plusieurs années, ont été détruites par un incendie, et cette lacune n'a pas été comblée. Je ne puis que relever quelques faits dans cette quatrième partie dans laquelle sont réunies tant d'observations, les unes nouvelles, les autres déjà connues, mais groupées dans un ordre qui permet de les utiliser facilement.

Un chapitre intéressant traite des affinités des Échinodermes si curieux des terrains paléozoïques auxquels on a donné le nom de *Perischœchinides* ou *Tessellés*. Ils ressemblent aux Cidaris, mais au lieu de deux séries de plaques dans chaque ambulacre et dans chaque interambulacre, ils présentent au contraire des séries multiples de plaques le plus souvent hexagonales. M. Al. Agassiz les considère comme étant un simple sous-ordre des Échinides. Suivant l'exemple de M. M. Coy, je les ai envisagés comme devant former un ordre de la classe des Échinodermes, à cause de leur organisation si singulière et si différente de celle des Échinides. M. Agassiz n'admet pas qu'ils aient aucun rapport avec les Crinoïdes et il relève plusieurs faits qui les relient aux Échinides endocycliques, plus étroitement encore qu'on ne le pensait. L'un des plus saillants lui est fourni par la découverte récente des *Asthenosoma*, oursins endocycliques dont les plaques ne sont pas entièrement calcaires et se trouvent imbriquées de manière à rendre le test flexible. Or, il paraît, d'après

plusieurs indices, que, dans les Tessellés à séries de plaques multiples, ces plaques étaient aussi imbriquées et que par là leur test devait être également flexible. Voilà donc un trait d'union. J'ajouterai que le fait d'avoir des plaques en séries multiples n'est pas uniquement le partage des Tessellés, car M. Cotteau a récemment fait connaître un oursin crétacé, appartenant aux Échinides endocycliques, dont les aires interambulacraires sont composées de quatre séries de plaques portant chacune un tubercule; il en a fait le genre *Tetracidaris;* ces plaques ne sont à la vérité pas hexagonales. Pour M. A. Agassiz l'oursin Tessellé, le *Polæchinus* tout au moins, serait un *Cidaris* sans plaques coronales, réduit à l'appareil apicial et à la membrane buccale, flexible et couverte de nombreuses plaquettes porifères, qui aurait pris un développement extraordinaire. Il est bien reconnu maintenant que les Tessellés ont un appareil masticatoire analogue à celui des Cidaris et un appareil apicial également analogue, mais avec les plaques génitales percées de plusieurs pores et non d'un seul. Il résulte sans doute de l'ensemble des faits que la liaison entre les Tessellés et les Échinides endocycliques est beaucoup plus intime qu'on ne l'avait cru d'abord; il me paraît cependant encore que les caractères qui les séparent sont assez importants pour qu'il soit préférable de grouper les premiers dans un ordre à part, quitte à en éliminer peut-être certains genres à mesure qu'ils seront mieux connus.

Une planche entière est consacrée à représenter l'arrangement des pores dans les zones porifères de la plupart des genres des Échinides endocycliques. Cette étude est fort importante pour les déterminations génériques et spécifiques. L'accroissement des plaques ambulacraires, à

partir du premier âge, se fait, soit par subdivision des plaques primitives, soit par adjonction de plaquettes intermédiaires. Ainsi, dans les *Echinus* les pores ambulacraires sont disposés primitivement par paires formant une simple rangée verticale, puis une plaquette vient s'intercaler entre deux autres et il en résulte un arc de trois paires; dans d'autres genres les plaquettes intercalées sont plus nombreuses et il en résulte des arcs de six, huit paires et plus. Par le fait, chaque plaquette ambulacraire ne porte qu'une seule paire de pores, mais le nombre des plaquettes correspondant à une plaque coronale varie beaucoup et donne lieu à de grandes différences dans l'arrangement des pores.

Je ne partage pas entièrement la manière de voir de M. Al. Agassiz relativement à l'importance qu'il faut attribuer aux radioles des Échinides endocycliques et principalement des Cidaridées, au point de vue de la distinction des espèces. Il a fait figurer un grand nombre de radioles appartenant à diverses espèces de Cidaris, pris dans différentes régions d'un même individu et, s'appuyant sur les différences qu'ils présentent dans une même espèce, il en conclut qu'il n'est pas possible d'accorder aux caractères tirés des radioles la valeur de caractères spécifiques. Ce n'est vrai que dans une certaine mesure, et je crois que cette conclusion est trop absolue. Il est, en effet, certain que l'ensemble des radioles d'un même individu présente, avec des différences de forme, des caractères généraux d'ornementation assez semblables pour qu'un observateur un peu exercé puisse s'y reconnaître sans trop de peine et associer sans trop de chances d'erreur les radioles qui appartiennent à une même espèce. Ceci ressort même des planches de radioles données par M. Al.

Agassiz. On en trouvera aussi un exemple frappant dans le grand et bel ouvrage de M. Wright sur les Échinides fossiles d'Angleterre. L'auteur a pris la peine de réunir en tableau les variations principales des radioles du *Cidaris sceptrifera*, espèce abondante dans la craie blanche et dont on connaît de nombreux tests portant encore leurs radioles; les extrêmes semblent au premier abord ne se ressembler en aucune façon et cependant, en y regardant de près, on découvre dans tous ces radioles un air de famille, et, par l'étude de séries un peu nombreuses, on est arrivé à les rapporter tous sûrement au même type. Je citerai encore un autre fait qui témoigne du parti que l'on peut tirer des radioles pour la détermination des espèces. Deux *Hemicidaris* fossiles de l'époque jurassique, l'*Hemic. intermedia* et l'*Hem. crenularis* ont été trouvés avec leur radioles attachés au test; or, les caractères du test sont à peu près les mêmes dans chacune de ces espèces, tandis que ceux des radioles sont très-différents. On n'a donc ici à peu près d'autre ressource que les radioles pour caractériser deux espèces qui sont bien distinctes, puisque en Angleterre, où l'*Hemic. intermedia* est fort abondant, on n'a encore jamais trouvé, à ma connaissance du moins, les radioles très-caractéristiques de l'*Hemic. crenularis*. M. Agassiz donne des détails curieux, accompagnés de nombreux dessins, sur le mode de croissance et la structure des radioles; on remarque qu'il arrive souvent que la structure particulière de certains radioles peut être regardée comme caractéristique de certains genres et de certaines espèces.

Les questions qui se rapportent à la structure et à l'utilité des fascioles, ces petites bandelettes dépourvues de tubercules qui se voient sur le test de certains oursins de

la famille des Spatangidées, ont été souvent discutées. Il est maintenant généralement admis que les fascioles portent de petits radioles rudimentaires et non des pédicellaires. M. Agassiz pense que les fascioles, avec leurs petites épines serrées, forment comme une sorte de tamis qui empêche les matières étrangères d'encombrer les ambulacres; on trouve en effet souvent le fasciole qui entoure les pétales de certaines espèces couvert de limon et de parcelles de corps étrangers qui ont été ainsi arrêtés par ce petit rempart. On peut bien expliquer de cette manière le rôle du fasciole péripétale et de celui qui, plus rarement, fait le tour de l'ambitus; on comprend moins facilement l'utilité du fasciole sous-anal, et il faudrait admettre un état d'infériorité pour les genres qui n'ont point de fasciole péripétale.

Un office analogue paraît être l'attribution des pédicellaires, petits appendices singuliers qui se trouvent sur le test de beaucoup d'Échinodermes, et sont composés d'une tige calcaire très-fine, flexible et mobile, qui se termine par une pince ou fourche à deux, trois ou quatre dents s'ouvrant et se fermant continuellement. D'après M. Agassiz ils remplissent l'emploi de petits balayeurs et servent à enlever les petits fragments étrangers, les excréments en particulier, qui s'attachent au test; ils les saisissent entre leurs pinces et les font passer successivement à leurs voisins jusqu'à ce qu'ils aient été déposés sur le fond. Les formes des pédicellaires sont très-variables, un grand nombre sont figurés dans l'ouvrage. Les opinions les plus diverses ont été émises sur leur nature; on les a considérés comme des parasites, comme une phase larvaire de l'oursin, comme des organes de préhension servant à la nutrition, etc. L'intime connexion des pédicellaires et des ra-

dioles est maintenant généralement admise et M. Agassiz s'attache à démontrer avec beaucoup de soin que, soit les pédicellaires, soit les radioles, sont des modifications en sens différent du tissu celluleux calcaire dont est formé le test de tous les Échinodermes. M. Perrier a traité récemment ce sujet intéressant des pédicellaires en essayant de leur attribuer une valeur comme caractère distinctif de genres et d'espèces, M. Agassiz critique assez sévèrement cet ouvrage tout en rendant justice aux belles planches qui l'accompagnent.

Les sphéridies, petits appendices très-curieux en forme de bouton, découverts par M. Loven, ont été observés également par M. Agassiz, ce seraient, paraît-il, les organes du tact.

Je n'ai pas à m'étendre sur tous les chapitres qui traitent de l'anatomie des oursins et sont accompagnés de nombreuses planches explicatives. J'ajouterai seulement que le corps madréporiforme, dont pendant longtemps on a ignoré l'usage, est maintenant généralement regardé comme servant à faire entrer de l'eau dans l'intérieur du test. Dans les Échinides endocycliques, les Astérides, les Ophiures, on regarde ce corps madréporiforme comme pouvant servir à l'orientation de l'animal puisqu'il est censé être toujours placé à la droite de l'appareil apicial. M. Agassiz, se basant sur la direction des replis du canal alimentaire, émet des doutes sur la justification de cette méthode; il déclare ne reconnaître aucun point de repère assuré qui puisse servir à déterminer avec certitude et sans exception une région antérieure et postérieure pour les Échinides endocycliques, ainsi qu'il est facile de le faire pour les exocycliques.

Quelques détails sont donnés sur l'habitat des Échi-

nides. Un plus grand nombre d'espèces qu'on ne le pensait vivent dans des excavations qu'ils pratiquent dans les rochers, ainsi le *Toxopneustes lividus*, quelques *Echinometra*, etc. Le *Podophora atrata* se trouve adhérent par ses ventouses sur des parois de roches verticales exposées à la violence des flots. Les Clypeastroïdes et les Spatangoïdes préfèrent en général un sol sablonneux et tranquille où ils aiment à s'enfouir, et M. Agassiz trouve là un sujet d'étonnement, car les Spatangoïdes, placés par leur organisation au sommet de la classe des Échinodermes, sont au fond ceux qui sont le moins favorablement placés et qui sont le moins capables de se protéger et de choisir leur nourriture; ils n'ont, en effet, d'autre ressource que de s'ensevelir dans le sable pour échapper à leurs ennemis et ils ne peuvent que difficilement et lentement se mouvoir pour changer de place.

Il serait difficile d'analyser ici les pages qui traitent de l'embryologie de l'oursin. Ce sujet si important et si intéressant est traité avec beaucoup de soin, et de nombreuses gravures sur bois font comprendre les phases du développement du pluteus, qui le plus souvent suivent une gradation régulière, mais parfois aussi présentent des transitions brusques qu'il n'est pas facile d'expliquer. L'histoire de la marche progressive du développement du jeune oursin, au sortir de l'état larvaire, a déjà été tracée par M. Agassiz dans une précédente publication, à l'aide surtout des matériaux provenant des draguages exécutés par les naturalistes américains, et en particulier par M. de Pourtalès, sur les côtes orientales des États-Unis; il reproduit les détails qu'il avait donnés, et dont il a été déjà question dans ce recueil, mais en les accompagnant cette fois de nombreuses planches représentant le jeune âge de plu-

sieurs oursins; elles comptent parmi les plus intéressantes et les plus curieuses du livre. Cette histoire est encore bien incomplète et les matériaux recueillis par M. Agassiz sont d'autant plus précieux que c'est par les déductions que fournira le développement de ces recherches qu'il sera possible un jour d'établir une classification tout à fait naturelle.

A ce propos il importe de noter que, pour M. Agassiz, les Holothuries ne doivent pas être placées en tête de la classe des Échinodermes, mais que cette place doit revenir aux Échinides; les Crinoïdes seraient intermédiaires entre les Holothuries et les Astérides ou les Ophiures.

Une série de considérations sur la succession des Échinides dans la série des âges géologiques et sur la place qu'ils doivent occuper dans la série des êtres termine l'ouvrage. M. Agassiz constate, ainsi que je l'ai déjà indiqué moi-même, que les genres d'Échinides, peu nombreux et peu variés dans le trias et dans le lias, s'augmentent soudainement dans l'étage bajocien par l'apparition d'un grand nombre d'autres genres nouveaux que rien ne vient relier ostensiblement à ceux qui étaient précédemment connus. Des genres d'une organisation supérieure apparaissent en même temps que d'autres placés plus bas dans la série et des formes que l'on pourrait regarder comme de transition se montrent après les extrêmes qu'elles devraient relier. Théoriquement on peut bien faire dériver un Spatangue d'un Tessellé, mais les faits observés ne donnent aucunement raison à cette évolution théorique, et l'un des plus frappants est l'apparition des premières espèces de *Collyrites,* ce genre si voisin des Spatangues, dans l'étage bajocien (peut-être même auparavant encore) en même temps ou avant la grande

majorité des types qui pourraient être utilisés pour prouver sa dérivation. Une objection peut être faite à cette conclusion, qui n'est pas favorable à la doctrine du transformisme, c'est que les connaissances que nous possédons sur les espèces fossiles sont bornées et incomplètes. Cette objection n'a pas beaucoup de valeur dans le cas particulier, et du reste elle pourra se faire toujours ; on pourra toujours prétendre que les recherches n'ont pas dit leur dernier mot; il est bien évident que l'on ne peut raisonner aujourd'hui que sur les faits connus au moment présent. Une remarquable analogie existe, ainsi que le fait remarquer M. Agassiz, entre l'apparition soudaine de certains types qui ne se relient point à ceux qui existaient déjà, et les changements brusques, soudains, qui se manifestent pendant les phases de développement d'un individu à partir de l'état embryonnaire ; nous ne pouvons pas mieux expliquer par le raisonnement le premier fait que le second.

Les lignes suivantes expriment la manière de voir de M. Agassiz au sujet du transformisme.

« Personne ne reconnaît mieux que moi que l'exposi-
« tion de la théorie de l'évolution donnée par Darwin a
« ouvert de nouveaux champs d'observation dans plu-
« sieurs parties de la biologie, dont on ne saurait exagé-
« rer l'importance. Son influence a été très-heureuse sur
« les progrès de la biologie et, de concert avec l'em-
« bryologie, elle a fait sortir la biologie d'une ornière trop
« systématique où elle était menacée de se voir, pendant
« un temps, enrayée et hors d'état de progresser. Mais
« les disciples de Darwin ne peuvent pas nous demander
« de regarder comme prouvées sans réplique toutes les
« divagations ayant trait à tel ou tel ancêtre des grands

« types du règne animal dont ils parlent avec une si su-
« blime assurance. Et lorsqu'on veut me faire admettre
« un type précurseur dans un groupe au sujet duquel
« nous manquent des données paléontologiques ou em-
« bryologiques certaines, ou lorsque l'on me demande de
« croire à un arbre généalogique dont on peut dire que
« ni les racines ni les branches n'ont jamais existé dans
« l'état actuel de nos connaissances, je prétends que je
« n'ai plus affaire simplement à une hypothèse, mais à la
« spéculation la plus fantaisiste... Ces mêmes disciples de
« Darwin, plus darwinistes que lui-même, semblent dé-
« terminés à ne pas imiter leur maître et essayent, de la
« manière la plus dogmatique, d'annuler tous les argu-
« ments que l'on peut émettre, non en montrant leur fai-
« blesse, mais simplement en posant en fait que toute dis-
« cussion est désormais impossible. »

J'aurais voulu donner une idée plus nette encore du bel ouvrage que j'ai essayé d'analyser; ce que j'en ai dit suffira cependant pour faire comprendre son importance, et pour en faire saisir la portée.

Il serait vivement à désirer que M. Agassiz pût entreprendre un jour une révision analogue des autres ordres de la classe des Échinodermes; malheureusement tant d'occupations nouvelles sont venues réclamer son temps et ses facultés depuis la mort de son illustre père, qu'il est peu probable qu'il puisse, avant longtemps du moins, mettre la main à ce travail énorme, mais bien nécessaire.

P. de L.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

J.-A. Fleming. Sur la nouvelle théorie du contact pour la pile électrique.

Diverses expériences, déjà anciennes, dues à sir W. Thomson, semblent prouver que le simple contact de deux métaux hétérogènes suffit pour produire une différence de potentiel électrique entre eux.

La disposition adoptée dans une de ces expériences consiste en une aiguille mobile autour d'un axe perpendiculaire au plan de deux demi-disques zinc et cuivre qu'on peut rapprocher ou éloigner l'un de l'autre à volonté. L'aiguille, chargée d'électricité positive, se met à tourner dès que les demi-disques placés au-dessous d'elle se touchent.

Le sens de cette rotation indique que le cuivre est alors négatif et le zinc positif. Elle cesse dès qu'on écarte un peu les deux métaux l'un de l'autre et même si l'on interpose une goutte d'eau entre leurs bords.

Dans une autre expérience, les deux demi-disques sont remplacés par un anneau dont l'une des moitiés est en zinc et l'autre en cuivre. Une tige métallique mobile autour d'un axe perpendiculaire au plan de l'anneau tourne alors dans la direction du zinc vers le cuivre lorsqu'elle est chargée d'électricité négative et isolée.

Sir W. Thomson a aussi observé une différence de potentiel entre l'air contenu dans un cylindre en cuivre et celui renfermé dans un cylindre en zinc réuni au premier par un fil métallique. Il en conclut « que le zinc et le cuivre peuvent s'attirer chimiquement à toute distance au travers du fil métallique qui les unit. »

Suivant lui : « lorsque deux corps de nature différente sont mis en contact l'un avec l'autre, il se produit une certaine diminution de l'énergie potentielle de leur affinité chimique et l'équivalent de cette diminution apparaît, au moins en partie, sous la nouvelle forme potentielle de la décomposition de ce que l'on est convenu d'appeler les deux fluides électriques. L'un des deux corps subit alors une modification dans le sens positif et l'autre dans le sens négatif [1]. »

D'après sir W. Thomson, cette force électromotrice produite au contact aurait pour valeur le produit du coefficient de Peltier, soit la chaleur absorbée à la surface du contact pour le passage d'une unité de courant pendant l'unité de temps, multiplié par l'équivalent de Joule.

Sir W. Thomson reconnaît que cette force, ainsi évaluée, n'équivaut pas à la force électromotrice totale d'un couple voltaïque qui la surpasse même de beaucoup. Il admet que « la plus grande partie de la force voltaïque doit être recherchée, non au contact des deux métaux, mais aux surfaces de séparation de ceux-ci et du milieu ambiant qui forme le troisième élément du circuit [2]. »

M. Fleming admet bien, jusqu'à un certain point, les interprétations de sir W. Thomson ; il pense cependant que la plus grande partie de l'électricité de la pile provient de l'action chimique dont elle est le siége. Afin de mettre ce fait hors de doute, M. Fleming a imaginé de construire une pile dans laquelle il n'existe aucun contact de métaux hétérogènes, et qui fonctionne, par conséquent, en vertu de l'action chimique seule. Pour cela il a tiré parti de l'action inverse de l'acide nitrique et de persulfures alcalins sur le cuivre et sur le plomb. Lorsqu'on plonge ces deux métaux dans l'acide nitrique, le cuivre, étant le plus attaqué, devient négatif par rapport au plomb, et le contraire a lieu si les deux métaux

[1] Thermodynamies, p. 62, § 107.

[2] Traité d'électricité et du magnétisme, vol. I, p. 302.

se trouvent dans une solution de persulfure de soude alcaline (S_5Na_2).

La même lame de l'un de ces deux métaux, recourbée de manière à plonger à la fois dans les deux liquides, peut donc être positive dans l'un et négative dans l'autre.

Une série de bocaux contenant alternativement de l'acide nitrique dilué et du persulfure de soude, et réunis tantôt par une lame de plomb, tantôt par une lame de cuivre, constitueront donc une véritable pile dépourvue de tout contact de ces deux métaux. Si ces bocaux sont en nombre impair, les métaux des deux couples extrêmes, étant de même nature, pourront être intercalés dans le circuit d'un galvanomètre sans qu'il en résulte non plus aucun contact hétérogène. M. Fleming a comparé l'intensité de cette nouvelle espèce de pile à celle de Daniell, et il a trouvé que quatre des couples qui la composent équivalent à un élément de Daniell.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Dr V. SIEBERT. UNTERS..... RECHERCHES SUR L'ACTION PHYSIOLOGIQUE DE L'APOMORPHINE. (Laboratoire de Dorpat. *Archiv der Heilkunde.* Leipzig, 1871, et thèse inaugurale, même année.) — MAX QUEHL. MÊME SUJET. Thèse. Halle, faite sous la direction de M. Kœhler, privat-docent de l'Université de Halle, 1872. — Dr HARNACK. MÊME SUJET. (*Archiv der exp. Pathologie und Pharmacologie.* Leipzig, juin 1874.) — RIEGEL et BOEHM. MÊME SUJET. (*Deutsches Archiv f. klin. Medicin,* IX, 211-239.) — M. LOEB. UEBER....... EMPLOI DE L'APOMORPHINE COMME VOMITIF. (*Berl. klin. Wochenschrift,* 1872, 400.) — A. MOERZ. BEITRÆGE....... CONTRIBUTION A L'EMPLOI DU CHLORHYDRATE D'APOMORPHINE. (*Prager Vierteljahresschrift für praktische Heilkunde*, 1872, XXIX. 3r Band, p. 76-84.) — V. BOURGEOIS. DE L'APOMORPHINE. RECHERCHES CHIMIQUES SUR UN NOUVEL ÉMÉTIQUE. Thèse de

Paris, 1874. — CHOUPPE. EXPÉRIENCES DU LABORATOIRE DE M. VULPIAN. (*Société de Biologie*, 18 juillet 1874.) — MATHIESEN et WREIGHT. DE L'ACTION DE L'ACIDE CHLORHYDRIQUE SUR LA MORPHINE ET SUR LA CODÉINE. (*Proceedings of the Royal Society*, t. XVII, et *Liebig's Annalen*, t. VII, 1870.)

L'apomorphine, obtenue pour la première fois en 1845 par un élève de M. Wœhler, M. Arppe, a occupé depuis lors bon nombre de chimistes, et a donné lieu à des travaux de chimie que nous n'aborderons pas ici.

Nous rappellerons simplement que l'apomorphine est le résultat d'une modification que subit la morphine en présence des acides sulfurique et chlorhydrique. La morphine, en perdant deux équivalents d'eau, se transforme en apomorphine.

$$C_{17}\,H_{19}\,Az\,O_3 - H_2\,O = C_{17}\,H_{17}\,Az\,O_2$$

(Morphine.) (Apomorphine.)

L'étude des effets physiologiques de l'apomorphine a, dans ces dernières années, donné lieu à plusieurs travaux importants. La propriété physiologique, qui a le plus attiré l'attention, est son action vomitive. L'apomorphine constitue, en effet, un émétique énergique, dont l'action est rapide et qui peut être administré à faibles doses par injection hypodermique. D'abord étudiée par les physiologistes, l'apomorphine commence à être mise en usage dans certains cas en médecine, et est appelée à jouer un rôle important dans les cas où l'on veut produire un vomissement rapide au moyen d'une injection hypodermique.

Les travaux qui ont paru sur l'action physiologique de l'apomorphine sont déjà nombreux et offrent entre eux de grands rapports : nous résumerons surtout l'un des plus récents, celui de M. Harnack, qui fait de l'apomorphine une étude soignée, qui résume les travaux qui l'ont précédé en y ajoutant des données nouvelles.

De faibles doses d'apomorphine, injectées sous la peau, produisent au bout de peu de minutes des vomissements qui se répètent à plusieurs reprises et causent peu de malaises.

La dose nécessaire pour obtenir le vomissement varie selon l'espèce des animaux mis en expérience et varie d'après les auteurs qui se sont occupés de cette question. Il est probable que les diverses apomorphines mises en usage n'étaient pas identiques. L'apomorphine, pour certains auteurs, s'altérerait assez promptement en solution, pour d'autres pas.

M. Siebert fixe la dose nécessaire pour produire le vomissement chez l'homme à 0,005—0,045. Cette dose, selon lui, produit des nausées, des vomissements et pas d'autre phénomène.

D'après MM. Riegel et Bœhm, la dose active de l'apomorphine allemande de Merck est chez l'homme de 3 à 11 milligrammes et chez le chien de 1 milligr. Cette dose ne produit pas de phénomènes accessoires, tandis que des doses de 12 à 15 milligr. chez l'homme et de 4 milligr. chez le chien produisent des phénomènes souvent inquiétants, en particulier du collapsus.

Pour M. Lœb et M. Bourgeois, la dose active est de 8 milligr. chez l'homme, chez lequel 3 milligr. restèrent sans effet. Avec 8 milligr. M. Lœb observa une fois des syncopes, et chez un enfant, 2 milligr. produisirent un collapsus inquiétant.

Pour M. Mœrz, la dose active oscille entre 6 et 12 milligr.; pour M. Quehl, entre 6 et 7 milligr. chez l'homme.

En résumé, on peut dire qu'en employant chez l'homme l'apomorphine à la dose de 5 à 10 milligr. on obtient des effets vomitifs sans être exposé à des accidents graves, si ce n'est chez les enfants qui y sont très-sensibles.

M. Quehl a observé que les chiens, soumis à une dose forte d'apomorphine (dépassant 2 centigr.) ne vomissaient pas, mais étaient pris de mouvements de manége, d'engourdisse-

ments et de parésie des extrémités postérieures, ainsi que d'un abaissement de l'excitabilité réflexe. Ces symptômes cessèrent d'eux-mêmes au bout d'un certain temps.

Chez les chats, il faut 20 milligr. pour obtenir le vomissement. Il se produit chez eux des symptômes particuliers décrits par M. Siebert, et qui ont aussi attiré l'attention de M. Harnack. Trois à quatre minutes après l'injection, les chats commencent à être pris d'une agitation toute spéciale ; ils exécutent de violents mouvements d'avancement et de recul, courent en cercle, semblent effrayés et deviennent sauvages. Leur pupille se dilate. Laissés en liberté, ils recherchent un coin écarté de la chambre, s'y réfugient et exécutent des mouvements de va et vient alternativement en avant et en arrière. Dans quelques cas la salivation est excitée.

Étudiant l'effet produit par l'apomorphine chez le lapin qui ne peut vomir, M. Harnack montre que 10 à 30 milligr. causent la mort du lapin, que $^1/_2$ à 10 milligr. produisent une grande agitation de ces animaux qui cherchent à s'échapper et exécutent de violents mouvements musculaires. Si on les laisse libres, les lapins exécutent des sauts dans la chambre, et finissent par se blottir dans un coin et restent facilement excitables par le moindre bruit. Ils font ensuite des mouvements avec les mâchoires, salivent souvent et présentent l'apparence d'animaux dont le goût est excité par une substance provoquant le dégoût. MM. Siebert, Quehl, Harnack n'ont pas observé d'effets vomitifs chez les grenouilles.

Après la section des nerfs vagues au cou, M. Chouppe, dans des expériences faites sous la direction de M. Vulpian, a observé que l'injection, dans le tissu cellulaire sous-cutané, d'une dose vomitive d'apomorphine produisait des vomissements avec la même rapidité (deux à cinq minutes) que chez l'animal intact, ce que ne produit pas l'émétine. Ces résultats sont contraires à ceux qu'avait obtenus M. Quehl, qui n'obtint pas de vomissements par l'injection d'apomorphine faite

chez des chiens dont les nerfs vagues avaient été préalablement sectionnés. Il est vrai que cet auteur opère chez des animaux qu'il a soumis au début de l'expérience à la chloroformisation qui peut avoir troublé ses résultats [1].

[1] Dans des expériences encore inédites entreprises sous ma direction dans le laboratoire de physiologie de l'Université de Genève, M. C. David, interne à l'hôpital cantonal, a observé chez les chats et les lapins des phénomènes d'excitation analogues à ceux qui sont décrits par MM. Siebert et Harnack. Des phénomènes semblables se sont produits chez des rats et des cochons d'Inde, de même que chez des pigeons. Les pigeons, soumis à une injection hypodermique de deux milligrammes d'apomorphine, vomissent, dans certains cas rares, les graines contenues dans le jabot. Ils présentent toujours des phénomènes d'excitation remarquable : ces animaux inquiets sautent tantôt sur un pied, tantôt sur l'autre, n'ont pas un instant de tranquillité, piquent la terre de leur bec et saisissent avec voracité les graines qu'on leur présente. Ils frottent leurs plumes de leur bec et semblent éprouver des démangeaisons. Ils donnent aussi des coups de bec aux autres pigeons qui sont près d'eux et poussent des cris incessants. Ces symptômes d'excitation cessent au bout d'un certain temps, une heure environ.

La morphine non plus que le tartre stibié, administrés à dose vomitive à des pigeons par M. David, n'ont point produit de l'agitation comme l'apomorphine.

Les expériences de M. David lui ont donné une confirmation de celles de M. Chouppe, contrairement aux résultats obtenus par M. Quehl. La section des deux nerfs vagues n'a point modifié l'effet vomitif de l'apomorphine, dont la dose active a été la même qu'avant la section des nerfs vagues.

Des chiens, soumis d'abord à l'action du chloroforme, les uns après section des nerfs vagues, les autres sans avoir subi cette opération, se sont montrés aussi sensibles à l'action de l'apomorphine que ceux qui étaient directement soumis à l'action de ce médicament. Nous ne pouvons, par conséquent, interpréter les résultats différents des nôtres et de ceux de M. Chouppe obtenus par M. Quehl, ni saisir la cause de cette différence que nous pensions d'abord être due peut-être à la chloroformisation.

L'apomorphine, quand elle est dissoute depuis plus d'un jour, prend une teinte verdâtre qui a été considérée par quelques auteurs comme

Quant aux autres phénomènes produits par l'apomorphine, on peut les résumer comme suit d'après les conclusions formulées par M. Harnack à la fin de son mémoire :

Action sur les centres présidant à la respiration.

1° *Lapins.* De faibles doses d'apomorphine ($^1/_2$—5 milligr.) excitent vivement le centre respiratoire; avec de fortes doses (10—20 milligr.) l'excitation du centre respiratoire est rapidement suivie d'un abaissement de son excitabilité qui va jusqu'à sa paralysie. Avec des doses de 25 à 50 milligr. la paralysie survient presque immédiatement.

2° *Chiens.* Des doses de 50 milligr. et au-dessus produisent une violente excitation des centres respiratoires lorsqu'on a rendu le vomissement impossible par une narcose profonde. La paralysie du centre ne survient pas, même avec des doses de 0,6 grammes.

3° *Grenouilles.* Des doses de 10 milligr. et au-dessus arrêtent la respiration ; mais il est difficile de décider s'il s'agit d'une paralysie du centre nerveux ou des muscles respiratoires (Harnack).

Action sur les centres présidant aux mouvements volontaires.

1° *Lapins.* Ces centres subissent, même par de faibles doses, une violente excitation qui, avec de fortes doses, peut aller jusqu'à provoquer de violentes convulsions (Harnack).

2° *Chiens* et *chats.* De fortes doses provoquent de l'excitation des centres moteurs, des mouvements de manége, etc. (Siebert, Quehl).

une altération de ce médicament. Cette coloration verdâtre n'a jamais paru altérer les propriétés de l'apomorphine dissoute depuis plusieurs jours dans les expériences qui ont été faites par M. David avec de l'apomorphine de Duvernoy de Stuttgart. Les expériences complètes de M. David seront d'ailleurs incessamment publiées in extenso.

D^r P.

3° *Grenouilles.* Ces centres paraissent subir d'abord une excitation temporaire qui fait promptement place à une complète paralysie (Harnack).

Action sur les centres de sensibilité.

1° *Lapins.* De faibles doses ($^1/_2$ milligr.) produisent déjà une excitation (Harnack).

2° *Chats.* Ces centres sont excités de la même façon, mais avec des doses plus fortes (Siebert).

3° *Grenouilles.* L'excitabilité semble être augmentée dans le premier stade de l'action du poison (Harnack).

Action sur les muscles striés.

1° *Grenouilles.* $^1/_2$ à 5 milligr. produisent une diminution notable de l'excitabilité musculaire qui disparaît avec des doses plus fortes sans cependant faire place à de la rigidité cadavérique (Harnack).

2° *Mammifères.* On a observé chez eux des troubles vagues pouvant être rapportés à des paralysies de la motilité, mais on ne peut décider nettement s'il s'agit de troubles des centres moteurs ou des muscles (Quehl, Harnack).

3° *Homme.* Dans deux cas on a observé des troubles de motilité (Mœrz) chez les jeunes sujets et à forte dose chez des adultes ; on a observé du collapsus et de la faiblesse des muscles (Riegel et Bœhm, Lœb).

Muscles du cœur. — Leur paralysie a été observée chez les grenouilles (Harnack).

En terminant, M. Harnack fait la remarque qu'à de certains égards plusieurs des phénomènes dus à l'apomorphine sont analogues à ceux que produit la morphine.

Dr P.

BOTANIQUE.

A. de Bary. Ueber die Wachsuberzüge der Epidermis. Sur la cire épidermique.

M. le professeur de Bary a publié récemment le résultat d'une étude approfondie de la structure anatomique et du développement de la cire végétale. Cette substance, encore peu connue sous le point de vue chimique, est un mélange de diverses matières composées de carbone, d'hydrogène et d'une faible proportion d'oxygène. Ses principales propriétés sont d'être fusible au-dessous de 100°, combustible, plus légère que l'eau, insoluble dans ce liquide mais soluble dans l'alcool bouillant.

Sous le rapport de la structure anatomique, M. de Bary distingue quatre types principaux, reliés entre eux, du reste, par de nombreux intermédiaires, mais qui sont, cependant, nettement caractérisés chez certaines espèces.

Le premier type comprend les enduits formés de bâtonnets très-fins ou de granules constituant une croûte dense à la surface de la cuticule. La cire en bâtonnets très-fins se trouve entre autres chez les espèces suivantes : *Eucalyptus globosus, pulverulenta; Acacia Hugelii, cultriformis; Loniçera implexa; Andromeda dealbata; Secale cereale, Elymus arenarius, Sabulosus; Alopecurus textilis Boiss. Eucephalartos horridus.* Par contre les *Kleinia ficoides,* les feuilles glauques du *Ricinus communis,* celles de certaines conifères fournissent des exemples de cire composée de granules entassés les uns sur les autres.

Le second type comprend les enduits composés d'une simple couche de granules et elle représente le cas à la fois le plus simple et le plus fréquent. Les feuilles et les entre-nœuds glauques de beaucoup d'*Iridées* et de *Liliacées* en fournissent d'excellents exemples. En particulier les *Iris pallida, germanica; Allium Cepa, fistulosum, Muscarri moschatum;*

Tulipa silvestris; Galanthus nivalis; Phormium tenax à la surface inférieure de ses feuilles: divers organes chez plusieurs autres *Graminées* telles que *Saccharum Sorgum; Eulalia japonica;* les feuilles des *Brassica olerecea; Dianthus caryophyllus. plumarius; Calandrinia speciosa; Linum austriacum; Populus tremula; Mesembryanthemum incurvum, lacerum; Stillingia serifera.*

La cire du troisième type consiste en une couche. en général épaisse. formée de bâtonnets plus gros et plus longs que ceux du premier type et serrés les uns contre les autres perpendiculairement à la surface de la cuticule. C'est surtout chez les monocotylédones que l'on rencontre ce genre de revêtement. par exemple. chez les *Heliconia farinosa Raddi* et d'autres *musacés; Canna indica; Aechmea farinosa* de la famille des *Bromeliacées*, chez beaucoup de *Graminées*. la *canne à sucre*. par exemple. enfin, parmi les dicotylédones deux exemples chez les *Benincasa cerifera Sav* (*Cucurbitacées*), *Cotyledon orbiculata L.* (*crasdulacées*).

Le quatrième type comprend les enduits à structure compacte homogène ayant l'apparence de membranes ou de croûtes. Tels sont les enduits minces. lustrés et durs qui recouvrent souvent les organes verts des plantes grasses et riches en sève comme chez les *Semperrivum*, plusieurs *Euphorbia*. certaines *cactées*, où les croûtes plus ou moins épaisses et souvent stratifiées à la surface des fruits de *Myrica*, sur la tige du *Panicum turgidum Forsk.*, et surtout les dépôts épais qui se forment sur les tiges et les feuilles de plusieurs palmiers. tels que les *Klopstockia cerifera* déjà décrits par M. Karsten, et plusieurs *Chamaedorea*.

La partie la plus intéressante du mémoire de M. de Bary est celle qui traite de la formation et du développement de la cire. D'après les anciens auteurs. tels que de Candolle, Treviranus, Schacht, cette substance est une sécrétion de l'épiderme dans l'intérieur de laquelle elle s'élabore. On cite.

en général, à l'appui de cette opinion le fait que les enduits de nature cireuse se reproduisent rapidement après qu'on les a enlevés, pourvu que l'épiderme soit restée intacte. Dans ces derniers temps plusieurs histologistes, en particulier MM. Wigand, Karsten, Uloth, ont soutenu que la cire résulte d'une transformation chimique de la cuticule ou même de la cellulose des cellules épidermiques.

Les recherches de M. de Bary semblent confirmer pleinement, en la complétant, la théorie ancienne de la production par sécrétion. Suivant lui, le développement de la cuticule est tout à fait indépendant de celui de la cire qui la recouvre extérieurement. On peut toujours enlever cette dernière sans endommager, le moins du monde, la surface extérieure de la cuticule. Comme il est facile, d'ailleurs, de s'assurer que la cire ne saurait provenir d'un dépôt de matière en suspension dans l'air, on est bien obligé d'admettre qu'elle résulte d'une sécrétion superficielle. M. de Bary ne s'est pas contenté de cette simple présomption et il a cherché dans quelle partie des tissus se forme la cire et comment elle arrive à la surface extérieure de la cuticule. Il a d'abord reconnu que le contenu des cellules épidermiques ne contient pas des matières de nature cireuse, en sorte que ces dernières doivent nécessairement se former dans l'intérieur des parois mêmes de ces cellules.

Comme il n'existe malheureusement pas de réactif propre à indiquer la presence de la cire par simple coloration, M. de Bary n'avait d'autre ressource que d'observer l'action de la chaleur. Pour cela il chauffait jusqu'aux environs de 100° des coupes de tissus dont il avait préalablement enlevé la cire extérieure et qu'il portait ensuite sous le microscope. Il a pu ainsi constater que les parois des cellules épidermiques donnaient issue, sous l'action de la chaleur, à des gouttelettes d'une substance chimiquement identique avec la cire.

C'était principalement les couches cuticularisées de l'épiderme qui produisaient ces gouttelettes.

D'après ces observations, la cire paraît donc se former dans les couches cuticularisées et c'est de là qu'elle chemine vers la surface extérieure au travers de la cuticule.

La présence de cette cire invisible dans la substance même des parois des cellules n'en altère, du reste, en rien les réactions caractéristiques. Cette circonstance a naturellement conduit M. de Bary à supposer que l'épiderme de certains végétaux qui ne sécrètent pas de cire extérieurement, pourrait bien en renfermer à l'état latent dans ses couches cuticularisées. Or en soumettant les cellules épidermiques de cette nature à l'action de la chaleur, il a pu, en effet, reconnaître que leurs couches cuticularisées étaient, dans un grand nombre de cas, imprégnées de cire. C'est ce qui arrive, par exemple, chez les *Acer striatum*, *Negundo; Aloe verrucosa; Epidendron ciliare; Cycas revoluta; Jaminum fruticans.*

C. DE C.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JUILLET 1874.

Le 1er, 2, 3, forte rosée le matin, ciel parfaitement clair tout le jour.
4, rosée le matin.
5, rosée le matin; le soir à 10 h., éclairs à l'Est.
6, le soir, éclairs au nord et au sud.
7, à 8 1/2 h. soir, éclairs et tonnerres au NNE.; à 9 1/2 h. il tombe quelques gouttes de pluie, les éclairs continuent toute la soirée.
8, à 4 h. après midi, éclairs et tonnerres à l'Est; le soir, éclairs au SSO.
10, pendant toute la soirée éclairs continuels de tous les côtés de l'horizon; à 10 1/2 h., tonnerres lointains au Sud.
11, à 10 h. soir, éclairs à l'Est.
12, à 3 h. après midi, tonnerres lointains au SE.
15, à 1 1/4 h., éclairs et tonnerres au SE.; l'orage se dirige principalement vers le Sud, mais l'on entend le tonnerre jusqu'à 5 h.
16, de 2 h. à 4 h. après midi, éclairs et tonnerres au SE. et au Sud; à 8 h. soir, éclairs et tonnerres au Nord.
18, à 4 h. après midi, éclairs et tonnerres au SE.
19, de 4 à 5 h. après midi, éclairs et tonnerres au SSE.
20, de 6 1/2 h. à 8 h. du matin, éclairs et tonnerres au Sud. Un second orage éclate à l'Ouest à 2 1/4 h. après midi, à 3 3/4 h. il passe au zénith de l'observatoire se dirigeant vers l'Est, il tombe à ce moment une forte pluie mêlée de grêle, on entend le tonnerre à l'Est jusqu'à 4 1/2 h.
24, fort orage venant du SO. et accompagné de tonnerres dans la nuit du 23 au 24.
27, rosée le matin.
28, à 4 1/4 h., éclairs et tonnerres à l'Ouest.
31, forte bise dans la journée, de 10 h. matin à 6 h. soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM

	mm
Le 1er à 6 h. matin	733.28
9 à 8 h. matin	732,21
16 à 10 h. soir	729,92
22 à 6 h. matin	728,52
26 à 8 h. matin	726,40
31 à 8 h. matin	728,19

MINIMUM.

	mm
Le 7 à 4 h. après midi	726,29
12 à 4 h. après midi	726,03
20 à 4 h. après midi	725,09
25 à 6 h. matin	721,82
29 à 2 h. après midi	719,42

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minim.	Fract. de saturation. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°	°	cm
1	732,10	+ 4,68	+18,72	+ 0,55	+11,5	+24,0	10,90	+0,47	669	— 18	480	850	...	...	N. 1	0,1	12,7	— 3,7	169,8
2	730,96	+ 3,51	+21,01	+ 2,78	+14,8	+26,0	12,69	+2,23	695	+ 9	500	890	...	...	N. 1	0,0	14,8	— 1,7	172,0
3	730,84	+ 3,36	+23,47	+ 5,19	+17,0	+29,3	13,46	+2,97	636	— 49	420	820	...	...	N. 1	0,6	17,6	+ 1,0	173,0
4	730,89	+ 3,38	+25,51	+ 7,18	+17,0	+31,5	15,19	+4,67	630	— 54	470	790	...	...	SSO. 1	1,0	19,8	+ 3,1	174,5
5	730,93	+ 3,39	+23,33	+ 4,95	+17,4	+27,5	14,49	+3,95	684	+ 1	540	800	...	...	N. 1	2,2	—	—	175,0
6	729,81	+ 2,24	+22,43	+ 4,00	+18,0	+26,9	13,35	+2,79	674	— 9	490	780	...	...	N. 1	2,2	22,6	+ 5,8	179,0
7	727,68	+ 0,08	+22,08	+ 3,60	+17,4	+28,5	14,61	+4,03	700	+ 18	550	880	...	...	N. 1	3,3	22,5	+ 5,6	181,5
8	730,17	+ 2,54	+22,76	+ 4,24	+17,0	+29,0	12,66	+2,06	621	— 61	480	810	...	...	N. 1	5,2	22,7	+ 5,7	184,1
9	731,32	+ 3,66	+23,72	+ 5,16	+16,3	+28,2	11,39	+0,77	578	—103	340	780	..	..	N. 1	1,8	21,8	+ 4,7	189,1
10	730,01	+ 2,32	+22,76	+ 4,16	+16,1	+30,6	14,17	+3,54	687	+ 6	500	770	...	...	N. 1	3,2	22,1	+ 5,0	189,4
11	727,67	— 0,04	+23,03	+ 4,39	+18,6	+28,9	13,93	+3,29	674	— 7	390	770	...	...	NNE. 1	2,4	22,9	+ 5,7	191,8
12	726,87	— 0,86	+23,01	+ 4,34	+15,9	+28,0	12,62	+1,97	615	— 65	460	780	...	...	N. 1	3,3	—	—	193,0
13	728,83	+ 1,08	+22,56	+ 3,86	+16,9	+27,5	13,35	+2,69	664	— 16	430	830	...	...	N. 1	1,2	23,6	+ 6,2	194,4
14	728,56	+ 0,79	+23,38	+ 4,66	+16,9	+31,9	14,12	+3,45	669	— 11	490	840	...	...	N. 1	1,0	23,8	+ 6,3	195,1
15	728,31	+ 0,52	+22,78	+ 4,04	+19,2	+29,9	14,50	+3,82	730	+ 51	450	880	1,6	2	variable	5,6	24,6	+ 7,1	197,3
16	728,41	+ 0,30	+22,49	+ 3,73	+16,9	+29,1	13,37	+2,68	677	— 2	420	860	...	..	variable	6,4	23,7	+ 6,1	200,1
17	728,79	+ 0,96	+22,13	+ 3,35	+16,3	+26,9	12,69	+1,99	657	— 22	460	820	...	...	N. 1	4,8	24,0	+ 6,3	203,1
18	728,53	+ 0,68	+22,02	+ 3,23	+16,8	+26,6	14,42	+3,71	740	+ 61	560	870	...	...	N. 1	6,4	24,5	+ 6,8	203,7
19	727,75	— 0,12	+22,76	+ 3,97	+17,6	+27,4	13,51	+2,79	670	— 8	470	870	...	...	N. 1	5,7	—	—	207,0
20	726,07	— 1,82	+20,14	+ 1,34	+16,4	+26,0	14,29	+3,56	833	+155	620	960	28,6	3	variable	8,3	23,8	+ 5,9	205,2
21	726,16	— 1,75	+21,48	+ 2,68	+17,7	+27,1	13,17	+2,43	706	+ 28	520	910	..	...	variable	6,0	22,7	+ 4,8	207,6
22	727,44	— 0,49	+20,95	+ 2,14	+14,0	+26,6	10,28	—0,46	580	— 99	370	810	...	...	variable	1,1	22,7	+ 4,7	208,5
23	726,45	— 1,50	+22,54	+ 3,73	+16,9	+27,7	11,21	+0,47	575	—104	360	830	...	...	SO. 1	3,7	18,7	+ 0,7	208,3
24	724,99	— 2,98	+18,43	— 0,37	+15,0	+23,4	9,57	—1,17	640	— 39	320	860	3,9	3	SO. 2	7,2	15,3	— 2,8	212,8
25	722,52	— 5,47	+14,30	— 4,49	+12,9	+19,0	10,51	—0,24	885	+205	650	990	8,5	7	SO. 1	9,2	14,8	— 3,3	210,3
26	725,71	— 2,30	+17,50	— 1,28	+12,3	+21,6	9,34	—1,41	641	— 39	430	860	...	...	NNE. 1	5,0	—	—	209,0
27	724,93	— 3,10	+19,62	+ 0,85	+12,1	+27,2	10,28	—0,47	624	— 56	380	880	...	...	S. 1	2,9	16,7	— 1,3	207,3
28	724,13	— 3,91	+16,85	— 1,90	+15,0	+20,0	11,00	+0,25	786	+105	620	860	1,5	2	N. 1	8,9	18,5	+ 0,2	205,0
29	720,36	— 7,69	+15,39	— 3,34	+12,9	+20,9	11,77	+1,02	913	+232	720	960	13,2	10	SSO. 1	10,0	20,1	+ 1,8	205,0
30	724,82	— 3,24	+13,60	— 5,10	+12,0	+16,1	10,95	+0,20	951	+269	840	960	6,8	9	SE. 1	10,0	17,6	— 0,8	209,0
31	727,60	— 0,47	+17,13	— 1,54	+12,2	+21,0	9,96	—0,79	700	+ 18	480	960	...	..	NNE. 2	3,2	18,2	— 0,2	215,7

MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1874.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	731,26	731,31	730,96	730,55	729,97	729,34	729,41	729,86	730,53
2e »	728,62	728,60	728,43	728,02	727,31	726,96	727,22	727,80	728,16
3e »	724,94	725,36	725,22	725,01	724,72	724,60	724,73	725,05	725,45
Mois	728,17	728,33	728,11	727,77	727,25	726,89	727,04	727,49	727,97
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+18,65	+21,84	+23,60	+24,90	+26,60	+26,84	+26,00	+24,36	+22,14
2e »	+18,96	+22,81	+23,77	+25,33	+26,99	+25,49	+24,57	+23,08	+21,38
3e »	+15,40	+17,45	+19,34	+20,42	+21,24	+21,35	+20,22	+18,43	+17,24
Mois	+17,60	+20,59	+22,14	+23,45	+24,83	+24,46	+23,48	+21,84	+20,16
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	13,03	12,94	12,81	12,98	13,43	13,63	14,25	13,77	13,26
2e »	13,46	13,73	13,53	13,59	12,93	13,87	14,21	14,36	13,94
3e »	11,23	11,18	10,77	10,38	10,22	10,41	10,40	11,22	11,24
Mois	12,53	12,57	12,32	12,25	12,13	12,57	12,87	13,06	12,76
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	817	663	590	551	518	519	566	601	669
2e »	821	666	620	570	495	585	630	687	739
3e »	864	757	654	590	565	579	616	723	776
Mois	835	697	622	571	527	562	605	672	730

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+16,25	+28,15	1,96	+19,62	—	178,8
2e »	+17,15	+28,22	4,51	+23,86	30,2	199,1
3e »	+13,91	+22,78	6,11	+18,53	33,9	209,0
Mois	+15,71	+26,27	4,25	+20,47	64,1	196,0

Dans ce mois, l'air a été calme 3,2 fois sur 100

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,62 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 11°,8 O., et son intensité est égale à 27,75 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUILLET 1874.

Du 1er au 6, ciel très-clair.

Le 7, orage avec éclairs et tonnerres à 5 h. soir.

8, faible orage à 1 h. après midi ; à 7 h. soir violent orage accompagné d'éclairs, de tonnerres et de grêle.

12, brouillard le soir.

13, brouillard à 6 h. soir.

15, pluie et brouillard le soir.

16, pluie et grêle à 3 h. après midi ; brouillard le soir.

18, brouillard le matin et le soir.

19, brouillard le soir.

20, pluie et brouillard presque tout le jour.

21, brouillard presque tout le jour.

24, pluie et brouillard presque tout le jour ; quelques flocons de neige dans la soirée.

25, pluie et brouillard presque tout le jour ; un peu de neige l'après-midi, en trop petite quantité pour pouvoir être mesurée.

26, brouillard jusqu'à 2 h. après midi ; clair le soir.

27, clair le matin ; brouillard le soir.

28, brouillard presque tout le jour.

29, brouillard par un fort vent du SO. qui règne jusqu'à 4 h. après midi ; forte pluie dans la soirée.

30, brouillard et neige dans la matinée ; la neige n'a pas pu être mesurée, pluie dans la soirée, forte bise tout le jour.

31, brouillard tout le jour.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 3 à 4 h. après midi	575,37	Le 7 à 6 h. matin	571,99
9 à 10 h. soir	574,85	12 à 4 h. après midi	569,57
14 à 10 h. matin	572,48	21 à 6 h. matin	567,64
23 à 10 h. matin	569,26	25 à 6 h. soir	561,15
27 à 4 h. après midi	567,36	30 à 6 h. matin	560,35
31 à 10 h. soir	567,67		

SAINT-BERNARD. — JUILLET 1874.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.			
1	573,77	+ 5,90	573,01	574,77	+11,07	+ 5,67	+ 8,0	+14,4	.....	.....	....	NE. 1	0,0
2	574,40	+ 6,47	574,15	574,58	+14,07	+ 8,61	+ 9,7	+18,0	.....	.....	....	calme	0,0
3	575,04	+ 7,06	574,78	575,37	+15,63	+10,41	+12,0	+19,2	.....	.....	....	calme	0,7
4	574,71	+ 6,68	574,38	575,05	+14,46	+ 8,88	+11,0	+19,3	.....	.....	....	NE. 1	1,1
5	573,75	+ 5,67	573,43	574,08	+13,00	+ 7,36	+10,5	+18,3	.....	.....	....	NE. 1	0,9
6	572,65	+ 4,52	572,39	572,88	+13,15	+ 7,45	+10,7	+16,2	.....	.....	....	NE. 1	1,3
7	572,35	+ 4,17	571,99	572,85	+11,77	+ 6,02	+ 9,7	+17,0	.....	10,7.	....	variable	3,9
8	573,48	+ 5,25	572,28	574,83	+10,82	+ 5,02	+ 6,5	+16,0	.....	20,2.	....	variable	5,1
9	574,50	+ 6,23	574,28	574,85	+11,46	+ 5,61	+ 8,6	+15,6	.....	.....	....	SO. 1	3,1
10	573,62	+ 5,31	573,09	574,38	+11,22	+ 5,32	+ 8,4	+14,9	.....	.....	....	NE. 1	2,2
11	570,61	+ 1,26	570,03	571,28	+10,27	+ 4,32	+ 8,9	+12,9	.....	.....	....	NE. 1	4,4
12	569,87	+ 1,48	569,57	570,94	+ 9,69	+ 3,70	+ 7,7	+13,9	.....	.....	....	NE. 1	5,2
13	571,45	+ 3,02	570,59	572,34	+10,70	+ 4,67	+ 7,8	+14,2	.....	.....	....	NE. 1	3,2
14	572,18	+ 3,71	571,88	572,48	+12,73	+ 6,66	+ 9,2	+17,4	.....	.....	....	variable	6,1
15	572,05	+ 3,54	571,78	572,29	+10,37	+ 4,26	+ 7,0	+16,3	.....	15,3.	....	NE. 1	8,8
16	571,33	+ 2,78	571,20	571,51	+10,33	+ 4,19	+ 8,0	+14,6	.....	14,6.	....	NE. 1	4,4
17	570,96	+ 2,38	570,69	571,50	+ 7,91	+ 1,74	+ 6,4	+11,8	.....	10,4.	....	NE. 1	8,3
18	570,70	+ 2,09	570,41	570,98	+ 9,36	+ 3,16	+ 7,2	+12,2	.....	.....	....	NE. 1	8,1
19	570,50	+ 1,86	569,85	570,99	+10,86	+ 4,63	+ 9,2	+14,3	.....	.....	....	NE. 1	5,8
20	568,63	— 0,04	568,11	569,26	+ 8,41	+ 2,15	+ 7,6	+10,8	.....	18,8	....	SO. 1	9,3
21	568,21	— 0,49	567,64	569,14	+ 7,07	+ 0,78	+ 6,2	+10,0	.....	.....	....	NE. 1	8,6
22	568,91	+ 0,18	568,60	569,24	+10,56	+ 4,25	+ 6,2	+14,8	.....	.....	....	SO. 1	2,4
23	568,55	— 0,20	568,24	569,26	+ 9,78	+ 3,45	+ 7,0	+14,8	.....	.....	....	NE. 1	4,7
24	564,78	— 3,99	564,40	565,40	+ 2,70	— 3,65	+ 0,8	+ 5,8	.....	15,3.	....	NE. 1	9,7
25	562,21	— 6,58	561,15	563,51	+ 0,25	— 6,12	+ 0,4	+ 2,2	.....	4,0.	....	NE. 1	9,6
26	564,90	— 3,91	563,78	565,83	+ 2,48	— 3,90	+ 0,6	+ 6,0	.....	.....	....	NE. 1	6,1
27	566,89	— 1,91	565,72	567,36	+ 8,13	+ 1,74	+ 3,6	+12,0	.....	.....	....	variable	5,1
28	566,91	— 1,93	566,70	567,21	+ 5,85	— 0,55	+ 6,0	+ 8,4	.....	.....	....	variable	9,7
29	562,69	— 6,16	561,53	563,92	+ 4,44	— 1,97	+ 0,2	+ 6,5	.....	16,4.	....	SO. 2	10,0
30	562,58	— 6,28	560,35	564,91	+ 0,63	— 5,78	— 0,1	+ 2,6	.....	25,0.	....	NE. 2	10,0
31	566,85	— 2,02	565,71	567,67	+ 4,17	— 2,24	+ 2,0	+ 6,8	.....	.....	....	NE. 1	9,7

* Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1874.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	573,75	573,88	573,84	573,89	573,72	573,77	573,90	573,94	574,04
2e »	570,84	570,84	571,04	571,01	570,84	570,65	570,66	570,88	570,99
3e »	565,49	565,69	565,82	565,88	565,79	565,70	565,77	565,98	566,11
Mois	569,88	569,99	570,09	570,12	569,98	569,90	569,97	570,13	570,24
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+10,01	+13,90	+15,74	+15,55	+15,74	+14,75	+13,49	+11,71	+10,94
2e »	+ 8,98	+12,55	+13,22	+13,08	+12,45	+10,73	+ 9,66	+ 9,16	+ 8,52
3e »	+ 4,03	+ 5,04	+ 6,34	+ 6,65	+ 7,70	+ 7,63	+ 6,53	+ 5,29	+ 4,40
Mois	+ 7,55	+10,32	+11,59	+11,60	+11,83	+11,93	+ 9,78	+ 8,61	+ 7,84

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	+ 9,51	+16,89	1,83	30,9	—
2e »	+ 7,90	+13,84	6,36	59,1	—
3e »	+ 2,99	+ 8,17	7,78	60,7	—
Mois	+ 6,68	+12,81	5,40	150,7	—

Dans ce mois, l'air a été calme 10 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,52 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 43,01 sur 100.

* Voir la note du tableau.

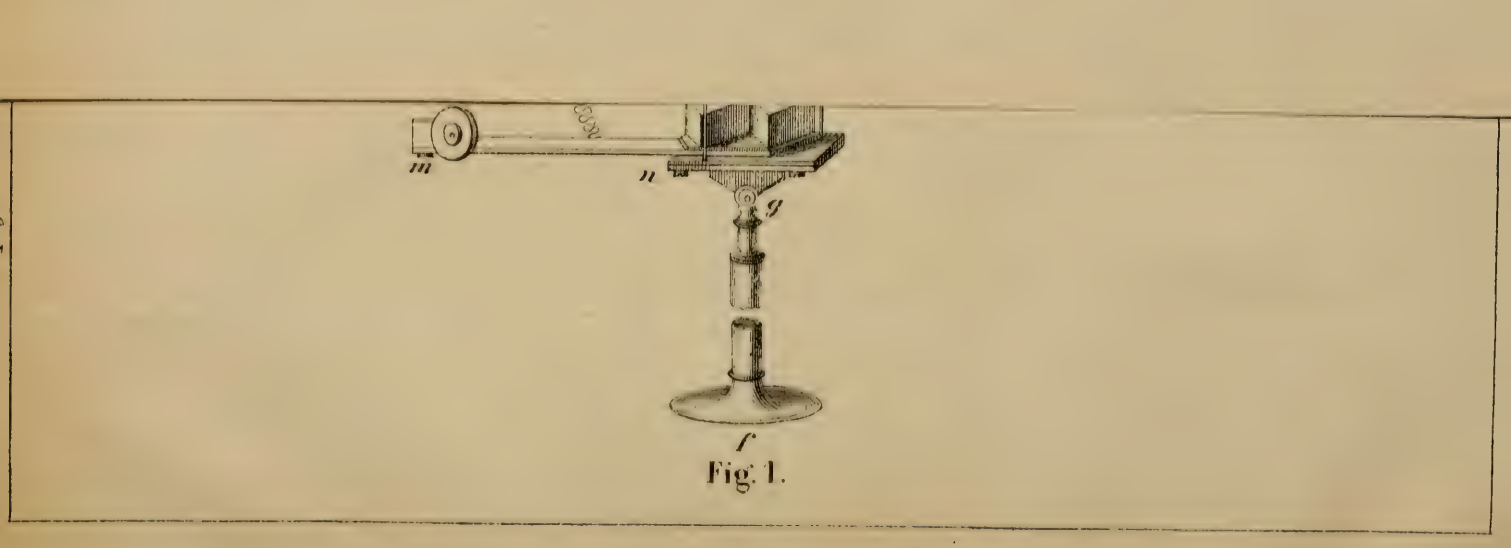
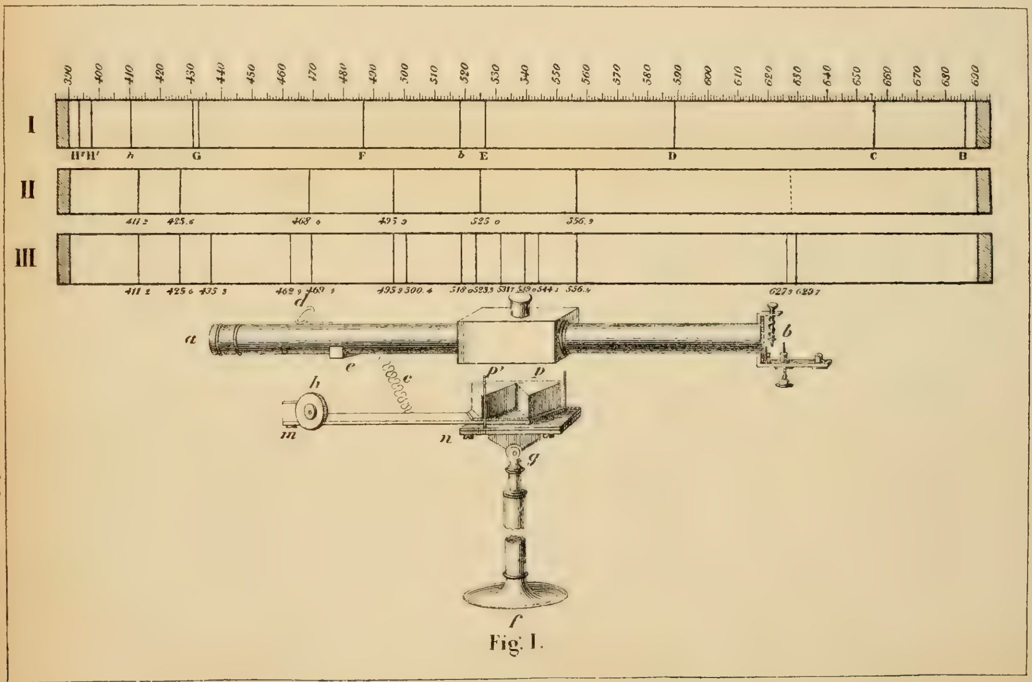


Fig. 1.


I
II
III
390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690
H'' H' h G F b E D C B
411.2 425.6 468.0 495.9 525.0 556.9
a b c d e f g h m n p p'
Fig. 1.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME L (NOUVELLE PÉRIODE)

1874. — Nos 197 à 200.

Pages

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

CHIMIE.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

BOTANIQUE.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard.

